

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

日本国特許庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

K. Ishiyama

4/3/01

Q63913

1 of 1

J1017 U.S. PTO

09/823763



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office.

出願年月日

Date of Application:

2000年 4月 3日

出願番号

Application Number:

特願2000-105399

出願人

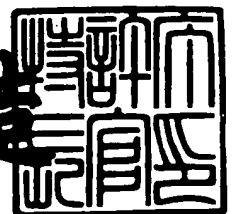
Applicant(s):

日本電気株式会社

2001年 1月19日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2000-3113492

【書類名】 特許願

【整理番号】 33509734

【提出日】 平成12年 4月 3日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G06F 15/70

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内

    【氏名】 石山 壘

【特許出願人】

    【識別番号】 000004237

    【氏名又は名称】 日本電気株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100084250

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 丸山 隆夫

    【電話番号】 03-3590-8902

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 007250

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

    【物件名】 要約書 1

    【包括委任状番号】 9303564

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 画像照合装置、画像照合方法、及びそのプログラムを記録した記録媒体

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 登録対象となる物体のデータを 3 次元データとして登録する登録手段と、

該登録手段に登録された物体のデータと照合する物体のデータを 2 次元データとして取得し、前記登録手段に登録された物体のデータと照合する照合手段と、

を有することを特徴とする画像照合装置。

【請求項 2】 前記照合手段は、

前記登録手段に登録された物体のデータと照合する物体の画像を入力画像として撮影する撮影手段と、

該撮影手段により撮影された物体の位置姿勢を補正する位置姿勢補正手段と、

該位置姿勢補正手段により補正された位置姿勢と、前記登録手段に登録された登録データとから、前記撮影手段により撮影された入力画像と同一の位置姿勢であって、最も近似する照明条件の画像を比較画像として生成する照明補正手段と

、  
該照明補正手段により生成された比較画像と、前記撮影手段により撮影された入力画像とを比較し、該 2 つの画像の類似度の評価値を算出する画像比較手段と

、  
該画像比較手段により算出された評価値に基づいて、前記撮影手段により撮影された物体が前記登録手段に登録された物体であるか否かを判定する照合判定手段と、

を有して構成されることを特徴とする請求項 1 記載の画像照合装置。

【請求項 3】 前記登録手段は、

前記登録対象となる物体の 3 次元形状を測定する 3 次元形状測定手段と、

前記登録対象となる物体の 3 次元形状の各位置における表面の反射率を測定す

る反射率測定手段と、

前記 3 次元形状測定手段により測定された 3 次元形状と、前記反射率測定手段により測定された反射率とを登録データとして記憶するデータ記憶手段と、  
を有して構成されることを特徴とする請求項 2 記載の画像照合装置。

【請求項 4】 前記登録手段は、  
前記登録対象となる物体の 3 次元形状を測定する 3 次元形状測定手段と、  
前記登録対象となる物体を撮影し、該物体の画像情報を取得する画像情報取得手段と、

前記 3 次元形状測定手段により測定された 3 次元形状と、前記画像情報取得手段により取得された画像情報とを登録データとして記憶するデータ記憶手段と、

を有して構成されることを特徴とする請求項 2 記載の画像照合装置。

【請求項 5】 前記登録手段は、  
前記登録対象となる物体の 3 次元形状を測定する 3 次元形状測定手段と、  
複数の物体を登録するとき、前記 3 次元形状測定手段により測定された複数の 3 次元形状の平均となる平均 3 次元形状を生成する平均形状生成手段と、  
前記登録対象となる物体の 3 次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定手段と、

前記 3 次元形状測定手段により測定された 3 次元形状と、前記平均形状生成手段により生成された平均 3 次元形状と、前記反射率測定手段により測定された反射率とを登録データとして記憶するデータ記憶手段と、

を有して構成されることを特徴とする請求項 2 記載の画像照合装置。

【請求項 6】 前記照明補正手段は、  
前記位置姿勢補正手段により補正された位置姿勢と、前記登録手段に登録された物体の登録データとから、前記撮影手段により撮影された物体の位置姿勢と同一の位置姿勢にあって、様々な照明条件からなる照明条件群の各々の照明条件の下での画像を照明変動画像群として生成する画像生成手段と、

該画像生成手段により生成された照明変動画像群から前記撮影手段により撮影された入力画像と最も近似する画像を生成して比較画像として、前記画像比較手

段に出力する照明条件推定手段と、

を有して構成されることを特徴とする請求項 3 から 5 のいずれか 1 項に記載の画像照合装置。

【請求項 7】 前記照明補正手段は、

前記画像生成手段により生成された照明変動画像群により張られる照明変動空間を生成する照明変動空間生成手段をさらに有して構成され、

前記照明条件推定手段は、

前記照明変動空間生成手段により生成された照明変動空間内から前記入力画像に最も近似する画像を生成して比較画像として、前記画像比較手段に出力することを特徴とする請求項 6 記載の画像照合装置。

【請求項 8】 前記照明変動空間生成手段は、

前記画像生成手段により生成された照明変動画像群を主成分分析を施すことにより、照明条件により画像上に現れている変動要因の大部分を覆う空間の基底ベクトル群を生成し、

前記照明条件推定手段は、

前記照明変動空間生成手段により生成された基底ベクトル群と、前記撮影手段により撮影された入力画像との間の相関を求め、該相関を基に前記基底ベクトル群から前記撮影手段により撮影された入力画像に最も近似する画像を生成して比較画像として前記画像比較手段に出力することを特徴とする請求項 7 記載の画像照合装置。

【請求項 9】 前記照明補正手段は、

様々な照明条件を設定し照明条件群として前記画像生成手段に出力する照明条件変化手段をさらに有して構成されることを特徴とする請求項 6 から 8 のいずれか 1 項に記載の画像照合装置。

【請求項 10】 前記登録手段は、

前記登録対象となる物体の 3 次元形状を測定する 3 次元形状測定手段と、

前記登録対象となる物体を様々な照明条件で撮影し、テクスチャ画像群を生成するテクスチャ画像撮影手段と、

前記 3 次元形状測定手段により測定された 3 次元形状と、前記テクスチャ画像

撮影手段により撮影されたテクスチャ画像群とを登録データとして記憶するデータ記憶手段と、を有して構成され、

前記照明補正手段は、

前記位置姿勢補正手段により補正された位置姿勢と、前記登録手段に登録された物体の 3 次元形状とテクスチャ画像群とから、前記撮影手段により撮影された物体の位置姿勢と同一の位置姿勢にある照明変動画像群を生成する画像生成手段と、

該画像生成手段により生成された照明変動画像群から前記撮影手段により撮影された入力画像と最も近似する画像を生成して比較画像として、前記画像比較手段に出力する照明条件推定手段と、を有して構成されることを特徴とする請求項 2 記載の画像照合装置。

【請求項 1 1】 前記照明補正手段は、

前記画像生成手段により生成された照明変動画像群により張られる照明変動空間を生成する照明変動空間生成手段をさらに有して構成され、

前記照明条件推定手段は、

前記照明変動空間生成手段により生成された照明変動空間内から前記撮影手段により撮影された入力画像に最も近似する画像を生成して比較画像として、前記画像比較手段に出力することを特徴とする請求項 1 0 記載の画像照合装置。

【請求項 1 2】 前記照明変動空間生成手段は、

前記画像生成手段により生成された照明変動画像群を主成分分析を施すことにより、照明条件により画像上に現れている変動要因の大部分を覆う空間の基底ベクトル群を求め、

前記照明条件推定手段は、

前記照明変動空間生成手段により生成された基底ベクトル群と、前記撮影手段により撮影された入力画像との間の相関を求め、該相関を基に前記基底ベクトル群から前記撮影手段により撮影された入力画像に最も近似する画像を生成して比較画像として前記画像比較手段に出力することを特徴とする請求項 1 1 記載の画像照合装置。

【請求項 1 3】 前記位置姿勢補正手段は、

あらかじめ設定された一定の位置姿勢を前記照明補正手段に出力することを特徴とする請求項 2 記載の画像照合装置。

【請求項 1 4】 前記位置姿勢補正手段は、

前記撮影手段により撮影された入力画像に写っている物体の位置姿勢のパラメータを入力し、該入力した位置姿勢を前記照明補正手段に出力することを特徴とする請求項 2 記載の画像照合装置。

【請求項 1 5】 前記位置姿勢補正手段は、

前記撮影手段により撮影された入力画像に写っている物体の位置姿勢を推定し、該推定した位置姿勢を前記照明補正手段に出力することを特徴とする請求項 2 記載の画像照合装置。

【請求項 1 6】 前記登録手段は、

前記登録対象となる物体の 3 次元形状を測定する 3 次元形状測定手段と、  
前記登録対象となる物体の 3 次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定手段と、

前記 3 次元形状測定手段により測定された 3 次元形状と、前記反射率測定手段により測定された反射率とから特徴点位置を抽出する第 1 の特徴点抽出手段と、

前記 3 次元形状測定手段により測定された 3 次元形状と、前記反射率測定手段により測定された反射率と、前記第 1 の特徴点抽出手段により抽出された特徴点位置とを登録データとして記憶するデータ記憶手段と、を有して構成され、

前記位置補正手段は、

前記データ記憶手段により記憶された特徴点位置と同一の特徴点位置を前記撮影手段により撮影された入力画像から入力画像特徴点位置として抽出する第 2 の特徴点抽出手段と、

前記データ記憶手段により記憶された 3 次元形状と特徴点位置と、前記第 2 の特徴点抽出手段により抽出された入力画像特徴点位置とから、前記撮影手段により撮影された物体の位置姿勢を推定し、該推定された位置姿勢を前記照明補正手段に出力する位置姿勢計算手段と、

を有して構成されることを特徴とする請求項 1 5 記載の画像照合装置。

【請求項 1 7】 前記照明補正手段は、

前記位置姿勢補正手段により補正された位置姿勢と、前記データ記憶手段に記憶された 3 次元形状と反射率とから、前記撮影手段により撮影された物体の位置姿勢と同一の位置姿勢にあつて、様々な照明条件からなる照明条件群の各々の照明条件の下での画像を照明変動画像群として生成する画像生成手段と、

該画像生成手段により生成された照明変動画像群から前記撮影手段により撮影された入力画像に最も近似する画像を生成して比較画像として、前記画像比較手段に出力する照明条件推定手段と、

を有して構成されることを特徴とする請求項 1 6 記載の画像照合装置。

【請求項 1 8】 前記照明補正手段は、

前記画像生成手段により生成された照明変動画像群により張られる照明変動空間を生成する照明変動空間生成手段をさらに有して構成され、

前記照明条件推定手段は、

前記照明変動空間生成手段により生成された照明変動空間内から前記入力画像に最も近似する画像を生成して比較画像として、前記画像比較手段に出力することを特徴とする請求項 1 7 記載の画像照合装置。

【請求項 1 9】 前記照明変動空間生成手段は、

前記画像生成手段により生成された照明変動画像群を主成分分析を施すことにより、照明条件により画像上に現れている変動要因の大部分を覆う空間の基底ベクトル群を生成し、

前記照明条件推定手段は、

前記照明変動空間生成手段により生成された基底ベクトル群と、前記撮影手段により撮影された入力画像との間の相関を求め、該相関を基に前記基底ベクトル群から前記撮影手段により撮影された入力画像に最も近似する画像を生成して比較画像として前記画像比較手段に出力することを特徴とする請求項 1 8 記載の画像照合装置。

【請求項 2 0】 前記照明補正手段は、

様々な照明条件を設定し照明条件群として前記画像生成手段に出力する照明条件変化手段をさらに有して構成されることを特徴とする請求項 1 7 から 1 9 のい



ずれか 1 項に記載の画像照合装置。

【請求項 2 1】 前記登録手段は、

前記登録対象となる物体の 3 次元形状を測定する 3 次元形状測定手段と、

前記登録対象となる物体の 3 次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定手段と、

様々な照明条件からなる照明条件群の各々の照明条件の下での前記登録対象となる物体の画像を照明変動画像群として生成する画像生成手段と、

該画像生成手段により生成された照明変動画像群により張られる照明変動空間を生成する照明変動空間生成手段と、

該照明変動空間生成手段により生成された照明変動空間を登録データとして記憶するデータ記憶手段と、を有して構成され、

前記照合手段は、

前記登録手段に登録された物体のデータと照合する物体の画像を入力画像として撮影する撮影手段と、

前記データ記憶手段に記憶された照明変動空間内から前記入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成する照明条件推定手段と、

該照明条件推定手段により生成された比較画像と、前記撮影手段により撮影された入力画像とを比較し、該 2 つの画像の類似度の評価値を算出する画像比較手段と、

該画像比較手段により算出された評価値に基づいて、前記撮影手段により撮影された物体が前記登録手段に登録されている物体であるか否かを判定する照合判定手段と、

を有して構成されることを特徴とする請求項 1 記載の画像照合装置。

【請求項 2 2】 前記登録手段は、

前記登録対象となる物体の 3 次元形状を測定する 3 次元形状測定手段と、

前記登録対象となる物体の 3 次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定手段と、

様々な照明条件からなる照明条件群の各々の照明条件の下での前記登録対象となる物体の画像を照明変動画像群として生成する画像生成手段と、

該画像生成手段により生成された照明変動画像群を主成分分析を施すことにより、照明条件により画像上に現れている変動要因の大部分を覆う空間の基底ベクトル群を生成する照明変動空間生成手段と、

該照明変動空間生成手段により生成された基底ベクトル群を登録データとして記憶するデータ記憶手段と、を有して構成され、

前記照合手段は、

前記登録手段に登録された物体のデータと照合する物体の画像を入力画像として撮影する撮影手段と、

前記データ記憶手段に記憶された基底ベクトル群と、前記撮影手段により撮影された入力画像との間の相関を求め、該相関を基に前記基底ベクトル群から前記撮影手段により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成する照明条件推定手段と、

該照明条件推定手段により生成された比較画像と、前記撮影手段により撮影された入力画像とを比較し、該 2 つの画像の類似度の評価値を算出する画像比較手段と、

該画像比較手段により算出された評価値に基づいて、前記撮影手段により撮影された物体が前記登録手段に登録されている物体であるか否かを判定する照合判定手段と、

を有して構成されることを特徴とする請求項 1 記載の画像照合装置。

【請求項 2 3】 前記 3 次元形状測定手段は、

図面を読み込むことにより、3 次元形状を測定することを特徴とする請求項 2 から 2 2 のいずれか 1 項に記載の画像照合装置。

【請求項 2 4】 前記反射率測定手段は、

図面を読み込むことにより、反射率を測定することを特徴とする請求項 2 から 2 3 のいずれか 1 項に記載の画像照合装置。

【請求項 2 5】 前記撮影手段は、

フィルム、写真、印刷物のいずれかを読み込んで、入力画像とすることを特徴とする請求項 2 から 2 4 のいずれか 1 項に記載の画像照合装置。

【請求項 2 6】 前記照合判定手段は、

前記登録手段に登録された物体の内、どの物体であるかを検索することを特徴とする請求項 2 から 2 5 のいずれか 1 項に記載の画像照合装置。

【請求項 2 7】 前記照合判定手段は、

前記登録手段に登録された物体の内、近似する物体を検索することを特徴とする請求項 2 から 2 6 のいずれか 1 項に記載の画像照合装置。

【請求項 2 8】 前記登録対象となる物体は、

自動車であることを特徴とする請求項 1 から 2 7 のいずれか 1 項に記載の画像照合装置。

【請求項 2 9】 前記登録対象となる物体は、

人間の顔であることを特徴とする請求項 1 から 2 8 のいずれか 1 項に記載の画像照合装置。

【請求項 3 0】 登録対象となる物体のデータを 3 次元データとして登録する登録工程と、

該登録工程により登録された物体のデータと照合する物体のデータを 2 次元データとして取得し、前記登録工程により登録された物体のデータと照合する照合工程と、

を有することを特徴とする画像照合方法。

【請求項 3 1】 前記照合工程は、

前記登録工程により登録された物体のデータと照合する物体の画像を入力画像として撮影する撮影工程と、

該撮影工程により撮影された物体の位置姿勢を補正する位置姿勢補正工程と、

該位置姿勢補正工程により補正された位置姿勢と、前記登録工程により登録された登録データとから、前記撮影工程により撮影された入力画像と同一の位置姿勢であって、最も近似する照明条件の画像を比較画像として生成する照明補正工程と、

該画像補正工程により生成された比較画像と、前記撮影工程により撮影された入力画像とを比較し、該 2 つの画像の類似度の評価値を算出する画像比較工程と

該画像比較工程により算出された評価値に基づいて、前記撮影工程により撮影された物体が前記登録工程により登録された物体であるか否かを判定する照合判定工程と、

を有して構成されることを特徴とする請求項 3 0 記載の画像照合方法。

【請求項 3 2】 前記登録工程は、

前記登録対象となる物体の 3 次元形状を測定する 3 次元形状測定工程と、

前記登録対象となる物体の 3 次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定工程と、

前記 3 次元形状測定工程により測定された 3 次元形状と、前記反射率測定工程により測定された反射率とを登録データとして記憶するデータ記憶工程と、

を有して構成されることを特徴とする請求項 3 1 記載の画像照合方法。

【請求項 3 3】 前記登録工程は、

前記登録対象となる物体の 3 次元形状を測定する 3 次元形状測定工程と、

前記登録対象となる物体を撮影し、該物体の画像情報を取得する画像情報取得工程と、

前記 3 次元形状測定工程により測定された 3 次元形状と、前記画像情報取得工程により取得された画像情報とを登録データとして記憶するデータ記憶工程と、

を有して構成されることを特徴とする請求項 3 1 記載の画像照合方法。

【請求項 3 4】 前記登録工程は、

前記登録対象となる物体の 3 次元形状を測定する 3 次元形状測定工程と、

複数の物体を登録するとき、前記 3 次元形状測定工程により測定した複数の物体の 3 次元形状の平均となる 3 次元形状を生成する平均形状生成工程と、

前記登録対象となる物体の 3 次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定工程と、

前記 3 次元形状測定工程により測定された 3 次元形状と、前記平均形状生成工程により生成された平均 3 次元形状と、前記反射率測定工程により測定された反射率とを登録データとして記憶するデータ記憶工程と、

を有して構成されることを特徴とする請求項 3 1 記載の画像照合方法。

【請求項 3 5】 前記照明補正工程は、

前記位置姿勢補正工程により補正された位置姿勢と、前記登録工程により登録された物体の登録データとから、前記撮影工程により撮影された物体の位置姿勢と同一の位置姿勢にあって、様々な照明条件からなる照明条件群の各々の照明条件の下での画像を照明変動画像群として生成する画像生成工程と、

該画像生成工程により生成された照明変動画像群から前記撮影工程により撮影された入力画像と最も近似する画像を比較画像として生成する照明条件推定工程と、

を有して構成されることを特徴とする請求項 3 2 から 3 4 のいずれか 1 項に記載の画像照合方法。

【請求項 3 6】 前記照明補正工程は、

前記照明条件推定工程により比較画像を生成する前に、前記画像生成工程により生成された照明変動画像群により張られる照明変動空間を生成する照明変動空間生成工程をさらに有して構成され、

前記照明条件推定工程は、

前記照明変動空間生成工程により生成された照明変動空間内から前記入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成することを特徴とする請求項 3 5 記載の画像照合方法。

【請求項 3 7】 前記照明変動空間生成工程は、

前記画像生成工程により生成された照明変動画像群を主成分分析を施すことにより、照明条件により画像上に現れている変動要因の大部分を覆う空間の基底ベクトル群を生成し、

前記照明条件推定工程は、

前記照明変動空間生成工程により生成された基底ベクトル群と、前記撮影工程により撮影された入力画像との間の相関を求め、該相関を基に前記基底ベクトル群から前記撮影工程により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成することを特徴とする請求項 3 6 記載の画像照合装置。

【請求項 3 8】 前記照明補正工程は、

前記画像生成工程により照明変動画像群が生成される前に、該照明変動画像群

が生成される際に用いられる照明条件群を、様々な照明条件を設定し生成する照明条件変化工程をさらに有して構成されることを特徴とする請求項 3 5 から 3 7 のいずれか 1 項に記載の画像照合方法。

【請求項 3 9】 前記登録工程は、

前記登録対象となる物体の 3 次元形状を測定する 3 次元形状測定工程と、

前記登録対象となる物体を様々な照明条件で撮影し、テクスチャ画像群を生成するテクスチャ画像撮影工程と、

前記 3 次元形状測定工程により測定された 3 次元形状と、前記テクスチャ画像撮影工程により撮影されたテクスチャ画像群とを登録データとして記憶するデータ記憶工程と、を有して構成され、

前記照明補正工程は、

前記位置姿勢補正工程により補正された位置姿勢と、前記データ記憶工程により記憶された物体の 3 次元形状とテクスチャ画像群とから、前記撮影工程により撮影された物体の位置姿勢と同一の位置姿勢にある照明変動画像群を生成する画像生成工程と、

該画像生成工程により生成された照明変動画像群から前記撮影工程により撮影された入力画像と最も近似する画像を比較画像として生成する照明条件推定工程と、を有して構成されることを特徴とする請求項 3 1 記載の画像照合方法。

【請求項 4 0】 前記照明補正工程は、

前記照明条件推定工程により比較画像を生成する前に、前記画像生成工程により生成された照明変動画像群により張られる照明変動空間を生成する照明変動空間生成工程をさらに有して構成され、

前記照明条件推定工程は、

前記照明変動空間生成工程により生成された照明変動空間内から前記撮影工程により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成することを特徴とする請求項 3 9 記載の画像照合方法。

【請求項 4 1】 前記照明変動空間生成工程は、

前記画像生成工程により生成された照明変動画像群を主成分分析を施すことにより、照明条件により画像上に現れている変動要因の大部分を覆う空間の基底ベ

クトル群を生成し、

前記照明条件推定工程は、

前記照明変動空間生成工程により生成された基底ベクトル群と、前記撮影工程により撮影された入力画像との間の相関を求め、該相関を基に前記基底ベクトル群から前記撮影工程により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成することを特徴とする請求項 4 0 記載の画像照合方法。

【請求項 4 2】 前記位置姿勢補正工程は、

あらかじめ設定された一定の位置姿勢を補正した位置姿勢とすることを特徴とする請求項 3 1 記載の画像照合方法。

【請求項 4 3】 前記位置姿勢補正工程は、

前記撮影工程により撮影された入力画像に写っている物体の位置姿勢のパラメタを入力し、該入力した位置姿勢を補正した位置姿勢とすることを特徴とする請求項 3 1 記載の画像照合方法。

【請求項 4 4】 前記位置姿勢補正工程は、

前記撮影工程により撮影された入力画像に写っている物体の位置姿勢を推定し、該推定した位置姿勢を補正した位置姿勢とすることを特徴とする請求項 3 1 記載の画像照合方法。

【請求項 4 5】 前記登録工程は、

前記登録対象となる物体の 3 次元形状を測定する 3 次元形状測定工程と、

前記登録対象となる物体の 3 次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定工程と、

前記 3 次元形状測定工程により測定された 3 次元形状と、前記反射率測定工程により測定された反射率とから特徴点位置を抽出する第 1 の特徴点抽出工程と、

前記 3 次元形状測定工程により測定された 3 次元形状と、前記反射率測定工程により測定された反射率と、前記第 1 の特徴点抽出工程により抽出された特徴点位置とを登録データとして記憶するデータ記憶工程と、を有して構成され、

前記位置姿勢補正工程は、

前記データ記憶工程により記憶された特徴点位置と同一の特徴点位置を前記撮

影工程により撮影された入力画像から入力画像特徴点位置として抽出する第 2 の特徴点抽出工程と、

前記データ記憶工程により記憶された 3 次元形状と特徴点位置と、前記第 2 の特徴点抽出工程により抽出された入力画像特徴点位置とから、前記撮影工程により撮影された物体の位置姿勢を推定する位置姿勢計算工程と、

を有して構成されることを特徴とする請求項 4 4 記載の画像照合方法。

【請求項 4 6】 前記照明補正工程は、

前記位置姿勢補正工程により補正された位置姿勢と、前記データ記憶工程により記憶された 3 次元形状と反射率とから、前記撮影工程により撮影された物体の位置姿勢と同一の位置姿勢にあって、様々な照明条件からなる照明条件群の各々の照明条件の下での画像を照明変動画像群として生成する画像生成工程と、

該画像生成工程により生成された照明変動画像群から前記撮影工程により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成する照明条件推定工程と、

を有して構成されることを特徴とする請求項 4 5 記載の画像照合方法。

【請求項 4 7】 前記照明補正工程は、

前記照明条件推定工程により比較画像を生成する前に、前記画像生成工程により生成された照明変動画像群により張られる照明変動空間を生成する照明変動空間生成工程をさらに有して構成され、

前記照明条件推定工程は、

前記照明変動空間生成工程により生成された照明変動空間内から前記入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成することを特徴とする請求項 4 6 記載の画像照合方法。

【請求項 4 8】 前記照明変動空間生成工程は、

前記画像生成工程により生成された照明変動画像群を主成分分析を施すことにより、照明条件により画像上に現れている変動要因の大部分を覆う空間の基底ベクトル群を生成し、

前記照明条件推定工程は、

前記照明変動空間生成工程により生成された基底ベクトル群と、前記撮影工程



により撮影された入力画像との間の相関を求め、該相関を基に前記基底ベクトル群から前記撮影工程により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成することを特徴とする請求項 4 7 記載の画像照合方法。

【請求項 4 9】 前記照明補正工程は、

前記画像生成工程により照明変動画像群が生成される前に、該照明変動画像群が生成される際に用いられる照明条件群を、様々な照明条件を設定し生成する照明条件変化工程をさらに有して構成されることを特徴とする請求項 4 6 から 4 8 のいずれか 1 項に記載の画像照合方法。

【請求項 5 0】 前記登録工程は、

前記登録対象となる物体の 3 次元形状を測定する 3 次元形状測定工程と、

前記登録対象となる物体の 3 次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定工程と、

様々な照明条件からなる照明条件群の各々の照明条件の下での前記登録対象となる物体の画像を照明変動画像群として生成する画像生成工程と、

該画像生成工程により生成された照明変動画像群により張られる照明変動空間を生成する照明変動空間生成工程と、

該照明変動空間生成工程により生成された照明変動空間を登録データとして記憶するデータ記憶工程と、を有して構成され、

前記照合工程は、

前記登録工程に登録された物体のデータと照合する物体の画像を入力画像として撮影する撮影工程と、

前記データ記憶工程により記憶された照明変動空間内から前記撮影工程により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成する照明条件推定工程と、

該照明条件推定工程により生成された比較画像と、前記撮影工程により撮影された入力画像とを比較し、該 2 つの画像の類似度の評価値を算出する画像比較工程と、

該画像比較工程により算出された評価値に基づいて、前記撮影工程により撮影された物体が前記登録工程により登録された物体であるか否かを判定する照合判

定工程と、

を有して構成されることを特徴とする請求項 3 0 記載の画像照合方法。

【請求項 5 1】 前記登録工程は、

前記登録対象となる物体の 3 次元形状を測定する 3 次元形状測定工程と、

前記登録対象となる物体の 3 次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定工程と、

様々な照明条件からなる照明条件群の各々の照明条件の下での前記登録対象となる物体の画像を照明変動画像群として生成する画像生成工程と、

該画像生成工程により生成された照明変動画像群を主成分分析を施すことにより、照明条件により画像上に現れている変動要因の大部分を覆う空間の基底ベクトル群を生成する照明変動空間生成工程と、

該照明変動空間生成工程により生成された基底ベクトル群を登録データとして記憶するデータ記憶工程と、を有して構成され、

前記照合工程は、

前記登録工程により登録された物体のデータと照合する物体の画像を入力画像として撮影する撮影工程と、

前記データ記憶工程により記憶された基底ベクトル群と、前記撮影工程により撮影された入力画像との間の相関を求め、該相関を基に前記基底ベクトル群から前記撮影工程により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成する照明条件推定工程と、

該照明条件推定工程により生成された比較画像と、前記撮影工程により撮影された入力画像とを比較し、該 2 つの画像の類似度の評価値を算出する画像比較工程と、

該画像比較工程により算出された評価値に基づいて、前記撮影工程により撮影された物体が前記登録工程に登録されている物体であるか否かを判定する照合判定工程と、

を有して構成されることを特徴とする請求項 3 0 記載の画像照合方法。

【請求項 5 2】 前記 3 次元形状測定工程は、

図面を読み込むことにより、3 次元形状を測定することを特徴とする請求項 3

1 から 5 1 のいずれか 1 項に記載の画像照合方法。

【請求項 5 3】 前記反射率測定工程は、

図面を読み込むことにより、反射率を測定することを特徴とする請求項 3 1 から 5 2 のいずれか 1 項に記載の画像照合方法。

【請求項 5 4】 前記撮影工程は、

フィルム、写真、印刷物のいずれかを読み込んで、入力画像とすることを特徴とする請求項 3 1 から 5 3 のいずれか 1 項に記載の画像照合方法。

【請求項 5 5】 前記照合判定工程は、

前記登録工程により登録された物体の内、どの物体であるかを検索することを特徴とする請求項 3 1 から 5 4 のいずれか 1 項に記載の画像照合方法。

【請求項 5 6】 前記照合判定工程は、

前記登録工程により登録された物体の内、近似する物体を検索することを特徴とする請求項 3 1 から 5 5 のいずれか 1 項に記載の画像照合方法。

【請求項 5 7】 前記登録対象となる物体は、

自動車であることを特徴とする請求項 3 0 から 5 6 のいずれか 1 項に記載の画像照合方法。

【請求項 5 8】 前記登録対象となる物体は、

人間の顔であることを特徴とする請求項 3 0 から 5 7 のいずれか 1 項に記載の画像照合方法。

【請求項 5 9】 登録対象となる物体のデータを 3 次元データとして登録する登録処理と、

該登録処理により登録された物体のデータと照合する物体のデータを 2 次元データとして取得し、前記登録処理により登録された物体のデータと照合する照合処理と、

を実行することを特徴とする画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【請求項 6 0】 前記照合処理は、

前記登録処理により登録された物体のデータと照合する物体の画像を入力画像として撮影する撮影処理と、

該撮影処理により撮影された物体の位置姿勢を補正する位置姿勢補正処理と、

該位置姿勢補正処理により補正された位置姿勢と、前記登録処理により登録された登録データとから、前記撮影処理により撮影された入力画像と同一の位置姿勢であって、最も近似する照明条件の画像を比較画像として生成する照明補正処理と、

該画像補正処理により生成された比較画像と、前記撮影処理により撮影された入力画像とを比較し、該 2 つの画像の類似度の評価値を算出する画像比較処理と、

該画像比較処理により算出された評価値に基づいて、前記撮影処理により撮影された物体が前記登録処理により登録された物体であるか否かを判定する照合判定処理と、

を有して構成されることを特徴とする請求項 5 9 記載の画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【請求項 6 1】 前記登録処理は、

前記登録対象となる物体の 3 次元形状を測定する 3 次元形状測定処理と、

前記登録対象となる物体の 3 次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定処理と、

前記 3 次元形状測定処理により測定された 3 次元形状と、前記反射率測定処理により測定された反射率とを登録データとして記憶するデータ記憶処理と、

を有して構成されることを特徴とする請求項 6 0 記載の画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【請求項 6 2】 前記登録処理は、

前記登録対象となる物体の 3 次元形状を測定する 3 次元形状測定処理と、

前記登録対象となる物体を撮影し、該物体の画像情報を取得する画像情報取得処理と、

前記 3 次元形状測定処理により測定された 3 次元形状と、前記画像情報取得処理により取得された画像情報とを登録データとして記憶するデータ記憶処理と、

を有して構成されることを特徴とする請求項 6 0 記載の画像照合プログラムを

記録した記録媒体。

【請求項 6 3】 前記登録処理は、

前記登録対象となる物体の 3 次元形状を測定する 3 次元形状測定処理と、  
複数の物体を登録するとき、前記 3 次元形状測定処理により測定した複数の物体の 3 次元形状の平均となる 3 次元形状を生成する平均形状生成処理と、

前記登録対象となる物体の 3 次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定処理と、

前記 3 次元形状測定処理により測定された 3 次元形状と、前記平均形状生成処理により生成された平均 3 次元形状と、前記反射率測定処理により測定された反射率とを登録データとして記憶するデータ記憶処理と、

を有して構成されることを特徴とする請求項 6 0 記載の画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【請求項 6 4】 前記照明補正処理は、

前記位置姿勢補正処理により補正された位置姿勢と、前記登録処理により登録された物体の登録データとから、前記撮影処理により撮影された物体の位置姿勢と同一の位置姿勢にあって、様々な照明条件からなる照明条件群の各々の照明条件の下での画像を照明変動画像群として生成する画像生成処理と、

該画像生成処理により生成された照明変動画像群から前記撮影処理により撮影された入力画像と最も近似する画像を比較画像として生成する照明条件推定処理と、

を有して構成されることを特徴とする請求項 6 1 から 6 3 のいずれか 1 項に記載の画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【請求項 6 5】 前記照明補正処理は、

前記照明条件推定処理により比較画像を生成する前に、前記画像生成処理により生成された照明変動画像群により張られる照明変動空間を生成する照明変動空間生成処理をさらに有して構成され、

前記照明条件推定処理は、

前記照明変動空間生成処理により生成された照明変動空間内から前記入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成することを特徴とする請求項 6 4 記載

の画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【請求項 6 6】 前記照明変動空間生成処理は、

前記画像生成処理により生成された照明変動画像群を主成分分析を施すことにより、照明条件により画像上に現れている変動要因の大部分を覆う空間の基底ベクトル群を生成し、

前記照明条件推定処理は、

前記照明変動空間生成処理により生成された基底ベクトル群と、前記撮影処理により撮影された入力画像との間の相関を求め、該相関を基に前記基底ベクトル群から前記撮影処理により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成することを特徴とする請求項 6 5 記載の画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【請求項 6 7】 前記照明補正処理は、

前記画像生成処理により照明変動画像群が生成される前に、該照明変動画像群が生成される際に用いられる照明条件群を、様々な照明条件を設定し生成する照明条件変化処理をさらに有して構成されることを特徴とする請求項 6 4 から 6 6 のいずれか 1 項に記載の画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【請求項 6 8】 前記登録処理は、

前記登録対象となる物体の 3 次元形状を測定する 3 次元形状測定処理と、

前記登録対象となる物体を様々な照明条件で撮影し、テクスチャ画像群を生成するテクスチャ画像撮影処理と、

前記 3 次元形状測定処理により測定された 3 次元形状と、前記テクスチャ画像撮影処理により撮影されたテクスチャ画像群とを登録データとして記憶するデータ記憶処理と、を有して構成され、

前記照明補正処理は、

前記位置姿勢補正処理により補正された位置姿勢と、前記データ記憶処理により記憶された 3 次元形状とテクスチャ画像群とから、前記撮影処理により撮影された物体の位置姿勢と同一の位置姿勢にある照明変動画像群を生成する画像生成処理と、

該画像生成処理により生成された照明変動画像群から前記撮影処理により撮影

された入力画像と最も近似する画像を比較画像として生成する照明条件推定処理と、を有して構成されることを特徴とする請求項 6 0 記載の画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【請求項 6 9】 前記照明補正処理は、

前記照明条件推定処理により比較画像を生成する前に、前記画像生成処理により生成された照明変動画像群により張られる照明変動空間を生成する照明変動空間生成処理をさらに有して構成され、

前記照明条件推定処理は、

前記照明変動空間生成処理により生成された照明変動空間内から前記撮影処理により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成することを特徴とする請求項 6 8 記載の画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【請求項 7 0】 前記照明変動空間生成処理は、

前記画像生成処理により生成された照明変動画像群を主成分分析を施すことにより、照明条件により画像上に現れている変動要因の大部分を覆う空間の基底ベクトル群を生成し、

前記照明条件推定処理は、

前記照明変動空間生成処理により生成された基底ベクトル群と、前記撮影処理により撮影された入力画像との間の相関を求め、該相関を基に前記基底ベクトル群から前記撮影処理により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成することを特徴とする請求項 6 9 記載の画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【請求項 7 1】 前記位置姿勢補正処理は、

あらかじめ設定された一定の位置姿勢を補正した位置姿勢とすることを特徴とする請求項 6 0 記載の画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【請求項 7 2】 前記位置姿勢補正処理は、

前記撮影処理により撮影された入力画像に写っている物体の位置姿勢のパラメータを入力し、該入力した位置姿勢を補正した位置姿勢とすることを特徴とする請求項 6 0 記載の画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【請求項 7 3】 前記位置姿勢補正処理は、

前記撮影処理により撮影された入力画像に写っている物体の位置姿勢を推定し、該推定した位置姿勢を補正した位置姿勢とすることを特徴とする請求項 6 0 記載の画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【請求項 7 4】 前記登録処理は、

登録対象となる物体の 3 次元形状を測定する 3 次元形状測定処理と、

前記登録対象となる物体の 3 次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定処理と、

前記 3 次元形状測定処理により測定された 3 次元形状と、前記反射率測定処理により測定された反射率とから特徴点位置を抽出する第 1 の特徴点抽出処理と、

前記 3 次元形状測定処理により測定された 3 次元形状と、前記反射率測定処理により測定された反射率と、前記第 1 の特徴点抽出処理により抽出された特徴点位置とを登録データとして記憶するデータ記憶処理と、を有して構成され、

前記位置姿勢補正処理は、

前記データ記憶処理により記憶された特徴点位置と同一の特徴点位置を前記撮影処理により撮影された入力画像から入力画像特徴点位置として抽出する第 2 の特徴点抽出処理と、

前記データ記憶処理により記憶された 3 次元形状と特徴点位置と、前記第 2 の特徴点抽出処理により抽出された入力画像特徴点位置とから、前記撮影処理により撮影された物体の位置姿勢を推定する位置姿勢計算処理と、

を有して構成されることを特徴とする請求項 7 3 記載の画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【請求項 7 5】 前記照明補正処理は、

前記位置姿勢補正処理により補正された位置姿勢と、前記登録処理により登録された物体のデータとから、前記撮影処理により撮影された物体の位置姿勢と同一の位置姿勢にあって、様々な照明条件からなる照明条件群の各々の照明条件の下での画像を照明変動画像群として生成する画像生成処理と、

該画像生成処理により生成された照明変動画像群から前記撮影処理により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成する照明条件推定処理



と、

を有して構成されることを特徴とする請求項 7 4 記載の画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【請求項 7 6】 前記照明補正処理は、

前記照明条件推定処理により比較画像を生成する前に、前記画像生成処理により生成された照明変動画像群により張られる照明変動空間を生成する照明変動空間生成処理をさらに有して構成され、

前記照明条件推定処理は、前記照明変動空間処理により生成された照明変動空間内から前記入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成することを特徴とする請求項 7 5 記載の画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【請求項 7 7】 前記照明変動空間生成処理は、

前記画像生成処理により生成された照明変動画像群を主成分分析を施すことにより、照明条件により画像上に現れている変動要因の大部分を覆う空間の基底ベクトル群を生成し、

前記照明条件推定処理は、

前記照明変動空間生成処理により生成された基底ベクトル群と、前記撮影処理により撮影された入力画像との間の相関を求め、該相関を基に前記基底ベクトル群から前記撮影処理により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成することを特徴とする請求項 7 6 記載の画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【請求項 7 8】 前記照明補正処理は、

前記画像生成処理により照明変動画像群が生成される前に、該照明変動画像群が生成される際に用いられる照明条件群を、様々な照明条件を設定し生成する照明条件変化処理をさらに有して構成されることを特徴とする請求項 7 5 から 7 7 のいずれか 1 項に記載の画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【請求項 7 9】 前記登録処理は、

前記登録対象となる物体の 3 次元形状を測定する 3 次元形状測定処理と、

前記登録対象となる物体の 3 次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定処理と、

様々な照明条件からなる照明条件群の各々の照明条件の下での前記登録対象となる物体の画像を照明変動画像群として生成する画像生成処理と、

該画像生成処理により生成された照明変動画像群により張られる照明変動空間を生成する照明変動空間生成処理と、

該照明変動空間生成処理により生成された照明変動空間を登録データとして記憶するデータ記憶処理と、を有して構成され、

前記照合処理は、

前記登録処理に登録された物体のデータと照合する物体の画像を入力画像として撮影する撮影処理と、

前記データ記憶処理により記憶された照明変動空間内から前記撮影処理により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成する照明条件推定処理と、

該照明条件推定処理により生成された比較画像と、前記撮影処理により撮影された入力画像とを比較し、該 2 つの画像の類似度の評価値を算出する画像比較処理と、

該画像比較処理により算出された評価値に基づいて、前記撮影処理により撮影された物体が前記登録処理により登録された物体であるか否かを判定する照合判定処理と、

を有して構成されることを特徴とする請求項 5 9 記載の画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【請求項 8 0】 前記登録処理は、

前記登録対象となる物体の 3 次元形状を測定する 3 次元形状測定処理と、

前記登録対象となる物体の 3 次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定処理と、

様々な照明条件からなる照明条件群の各々の照明条件の下での前記登録対象となる物体の画像を照明変動画像群として生成する画像生成処理と、

該画像生成処理により生成された照明変動画像群を主成分分析を施すことにより、照明条件により画像上に現れている変動要因の大部分を覆う空間の基底ベクトル群を生成する照明変動空間生成処理と、

該照明変動空間生成処理により生成された基底ベクトル群を登録データとして記憶するデータ記憶処理と、を有して構成され、

前記照合処理は、

前記登録処理により登録された物体のデータと照合する物体の画像を入力画像として撮影する撮影処理と、

前記データ記憶処理により記憶された基底ベクトル群と、前記撮影処理により撮影された入力画像との間の相関を求め、該相関を基に前記基底ベクトル群から前記撮影処理により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成する照明条件推定処理と、

該照明条件推定処理により生成された比較画像と、前記撮影処理により撮影された入力画像とを比較し、該 2 つの画像の類似度の評価値を算出する画像比較処理と、

該画像比較処理により算出された評価値に基づいて、前記撮影処理により撮影された物体が前記登録処理に登録されている物体であるか否かを判定する照合判定処理と、

を有して構成されることを特徴とする請求項 5 9 記載の画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【請求項 8 1】 前記 3 次元形状測定処理は、

図面を読み込むことにより、3 次元形状を測定することを特徴とする請求項 6 0 から 8 0 のいずれか 1 項に記載の画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【請求項 8 2】 前記反射率測定処理は、

図面を読み込むことにより、反射率を測定することを特徴とする請求項 6 0 から 8 1 のいずれか 1 項に記載の画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【請求項 8 3】 前記撮影処理は、

フィルム、写真、印刷物のいずれかを読み込んで、入力画像とすることを特徴とする請求項 6 0 から 8 2 のいずれか 1 項に記載の画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【請求項 8 4】 前記照合判定処理は、

前記登録処理により登録された物体の内、どの物体であるかを検索することを

特徴とする請求項 6 0 から 8 3 のいずれか 1 項に記載の画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【請求項 8 5】 前記照合判定処理は、

前記登録処理により登録された物体の内、近似する物体を検索することを特徴とする請求項 6 0 から 8 4 のいずれか 1 項に記載の画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【請求項 8 6】 前記登録対象となる物体は、

自動車であることを特徴とする請求項 5 9 から 8 5 のいずれか 1 項に記載の画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【請求項 8 7】 前記登録対象となる物体は、

人間の顔であることを特徴とする請求項 5 9 から 8 6 のいずれか 1 項に記載の画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、画像による物体の照合を行う画像照合装置、画像照合方法、及びそのプログラムを記録した記録媒体に関し、特に認識対象となる物体の 3 次元形状と、表面反射率や色情報などをあらかじめ登録しておくことにより、画像上での物体の位置や姿勢、照明条件などの撮影条件の変動に対して頑強なことを特徴とする画像照合装置、画像照合方法、及びそのプログラムを記録した記録媒体に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

画像照合技術とは図 5 に示したように、3 次元空間上に適当に配置された物体が何であるのかをカメラなどの画像撮像デバイスにより取得した入力画像（群）を利用して、あらかじめ登録されている画像と照合する技術である。画像照合のプロセスは、照合対象を記録しておく登録過程と、入力された画像（群）に何が撮影されているかを登録データと比較照合する照合過程の二つから構成される。それぞれの過程において撮像された画像は、2 次元的な広がりを持つ 2 次元画像

のまま用いたり、3次元形状などに変換して利用される。以下、従来の画像照合技術を文献を参照しながら詳細に説明する。

#### 【0003】

##### （従来技術1）

2次元画像をあらかじめ登録しておき、入力として2次元画像を用いる画像照合技術の一例として、特許第2872776号「顔画像照合装置」に開示される従来技術がある。本従来技術は、照合対象として人間の顔を想定しており、図13のような構成をとっている。登録時は、カメラ11により撮影された2次元画像を記憶手段12に記憶しておく。照合時は、カメラ13により2次元の顔画像を入力画像として撮影し、正規化手段14によって、前記入力画像から目や鼻の位置などの姿勢や大きさの基準となる顔特徴点を画像処理技術により抽出する。該顔特徴点の座標位置を基準として、画像上において2次元的な位置と大きさの正規化を行った正規化画像を出力する。最後に、画像比較手段15によって記憶手段12から読み出される登録画像と前記正規化画像をパターン認識技術により比較し、照合結果を出力する。

#### 【0004】

##### （従来技術2）

3次元形状を用いた従来の照合技術の例として、特開平9-259271号公報「人物照合装置」に開示された従来技術がある。本従来技術では、図14のような構成をとる。登録時には、3次元形状カラー情報計測手段21により照合対象物体の3次元形状とカラー情報を測定し、記憶手段22に記憶しておく。照合時にも、3次元形状カラー情報計測手段23により入力データとして3次元形状とカラー情報を測定する。平行移動・回転手段24により、当該入力データを重心が登録データと一致するように平行移動し、微少回転を加えたデータを多数生成し、最小誤差計算手段25によって誤差の最小値を求めることにより、3次元的な位置姿勢の補正を行う。最後に、当該最小誤差計算手段25により補正されたデータと登録データの照合を行う。

#### 【0005】

##### （従来技術3）

特開平 6 - 1 6 8 3 1 7 号公報「個人識別装置」は、図 1 5 のような構成をとり、登録時と照合時ともに 2 次元画像を撮影する照合技術である。登録時には、カメラ 4 1 により 2 次元画像を撮影し、特徴抽出手段 4 2 において輝度変動の大きな画素位置を検出して特徴点位置を出力し、記憶手段 4 3 に記憶しておく。照合時には、カメラ 4 4 により入力画像として 2 次元画像を撮影し、特徴抽出手段 4 5 において輝度変動の大きな画素位置を検出して特徴点位置を出力する。最後に、照合手段 4 7 において上記登録されている特徴点位置と上記入力画像の特徴点位置を比較することにより照合を行っている。このとき、認識対象物体の位置や姿勢の変動を吸収するために、特徴抽出手段 4 5 から出力された特徴点位置データは、位置姿勢正規化手段 4 6 においてあらかじめ用意されている標準的な物体の 3 次元形状モデルを利用して、その位置姿勢が正規化される。

## 【 0 0 0 6 】

## (従来技術 4)

登録過程・照合過程双方で通常の 2 次元画像だけを用いる従来技術であって、位置や姿勢の変動だけでなく、照明条件による変動をも補正する従来技術として、文献（「Visual Learning and Recognition of 3-D Objects from Appearance」, Hiroshi Murase and Shree K. Nayer, Int. J. Computer Vision, vol.14, pp.5-24, 1995）がある。本従来技術では図 1 6 のような構成をとる。登録時には、撮影手段 7 1 により登録する各物体についての入力画像において、考えられるあらゆる姿勢や照明条件を網羅したサンプル画像群を撮影し、多様体計算手段 7 2 により当該画像群の変化を十分表せるような基底画像群を主成分分析により求める。当該基底画像群との相関を特徴とする特徴空間を生成し、上記サンプル画像群の特徴空間における軌跡を多様体として求め、記憶手段 7 3 に記憶しておく。照合時には、カメラ 7 4 により入力画像として 2 次元画像を撮影し、距離計算手段 7 5 において当該入力画像と上記多様体との特徴空間における距離を計算し、当該距離を尺度として照合を行う。これにより様々な位置姿勢や照明条件で撮影された入力画像の照合を可能にしている。

## 【 0 0 0 7 】

## (従来技術 5)

物体の位置姿勢が固定である場合の照明条件による 2 次元画像の変化については文献 (「What Is the Set of Images of an Object Under All Possible Illumination Conditions?」, Peter N. Belhumeur and David J. Kriegman, Int. J. Computer Vision, vol.28, pp.245-260, 1998) において詳しく分析されている。物体の位置姿勢を固定すれば、任意の照明条件での画像は、一つの点光源のもとでの画像の和に分解してあらわすことができる。したがって、任意の数の光源のもとでの画像は、それぞれひとつずつの光源の強さを係数として、そのひとつの光源のもとでの画像の線形和であらわすことができる。上述の分析に基づき、Illumination Subspace Method と呼ばれる図 1 7 のような構成を提案している。

## 【 0 0 0 8 】

図 1 7 において、撮影手段 5 1 は、可能な限り影になる画素がないように異なる照明条件を 3 つ以上設定し、画像群を撮影する。法線計算手段 5 2 において、当該画像群から主成分分析により、画像の各画素に対応する物体表面の反射率と法線ベクトルの積に相当するベクトル群を求める。続いて、画像生成手段 5 3 において、当該ベクトル群の任意の 2 個のベクトルの外積であらわされる方向に照明がある場合の画像である extreme ray と呼ばれる画像群を生成し、記憶手段 5 4 に記憶しておく。

## 【 0 0 0 9 】

照合時には、カメラ 5 5 によって 2 次元画像である入力画像を撮影する。物体表面の反射特性が完全散乱であり、かつ、形状が凸である場合には、任意の照明条件の下での画像は当該 extreme ray 群の係数が正である線形和としてあらわすことができるので、当該係数群を負にならないという条件の下での最小二乗法を用いて計算することができる。照明補正手段 5 6 において、当該最小二乗計算を行い、求まった係数群を用いた extreme ray 群の線形和により入力画像と同じ照明条件での物体の画像である比較画像を生成する。画像比較手段 5 7 において、該比較画像と当該入力画像の類似度を計算することで照合処理を行う。

## 【 0 0 1 0 】

(従来技術 6)

文献 (「Illumination Cones for Recognition Under Variable Lighting: Faces」, A.S. Georghiades, Proc. IEEE Int. Conf. CVPR, pp.52--58, 1998) は、上述した Illumination Subspace Method において extreme ray を計算する際に、光線追跡などのコンピュータグラフィックスの技術を用いて、物体の 3 次元形状から、どの画素が影になるかを計算し、影をつける処理を行う方法を示している。これにより形状が凸でない形状の物体にも当該 Illumination Subspace Method が適用できるとしている。

## 【 0 0 1 1 】

(従来技術 7)

また、文献 (「What Is the Set of Images of an Object Under All Possible Illumination Conditions?」, Peter N. Belhumeur and David J. Kriegman, Int. J. Computer Vision, vol.28, pp.245-260, 1998) は、さらに Sampling Method として図 18 のような構成を提案している。上述した Illumination Subspace Method のように全ての extreme ray を計算することは手間がかかるので、登録時に、撮影手段 61 において、例えば図 4 の  $\theta$ ,  $\phi$  の角度が可能な限り等間隔に全体を覆うように適当な数の照明方向を設定して画像群を撮影し、当該画像群を extreme ray として代用する。以降は Illumination Subspace Method と同様に非負最小二乗法を適用して照明補正を行い、物体認識を行う。

## 【 0 0 1 2 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、照合対象となる物体は、特に固定や調節などをしない限り、カメラなどの画像撮像デバイスの前で 3 次元的な平行移動、回転移動などを伴うことが一般的である。また、屋外などでは刻々と照明条件も変動していくことから明らかなように、照合処理対象として入力される 2 次元画像上では、見かけ上、非常に大きな変動がある。従来技術は、これらの位置姿勢や照明条件の変動を十分補正することができていないため、応用範囲が非常に限られてしまうという問題点があった。以下具体的に各文献における問題点を詳述する。

## 【 0 0 1 3 】

従来技術 1 における特許第 2 8 7.2 7 7 6 号「顔画像照合装置」に開示されて



いるような単なる 2 次元画像同士の照合技術では、照合対象となる物体の 3 次元的な回転変動や画像撮影時の照明条件変動による 2 次元画像上の見かけ上の変動に対応することができないため、応用範囲が極めて限定される。

## 【 0 0 1 4 】

従来技術 2 における特開平 9 - 2 5 9 2 7 1 号公報「人物照合装置」に開示された照合技術では、登録時だけでなく照合時にも 3 次元形状を必要とするために、照合装置として 3 次元形状計測装置が必須となり、コストがかかるという問題点があった。これは、登録時と異なる場所や、複数の場所を入力画像を撮影し、照合を行いたい場合などに特に問題となる。また、形状の計測をするためには計測が終了するまで照合対象が静止していなければならなかったり、暗室や薄暗い環境でなければ精度の高い形状データが得られないという問題があり、応用範囲が限定される。

## 【 0 0 1 5 】

従来技術 3 における特開平 6 - 1 6 8 3 1 7 号公報「個人識別装置」に開示されているような、輝度変動の大きな画素位置を検出する方法は、3 次元的な曲率が非常に大きな積み木や、また反射率の変動が非常に大きいホワイトボード上の黒いマーカなどには有効であるが、当該公開公報に記載されているように人間の顔には向かない。すなわち、安定した座標位置検出は、困難であるということである。また、当該公開公報では照合対象となる物体群の標準的な 3 次元形状により姿勢を補正すると記載されているが、当該物体群の各物体間において形状の類似度が高くない場合には適用することができないという問題点があった。

## 【 0 0 1 6 】

従来技術 4 における文献（「Visual Learning and Recognition of 3-D Objects from Appearance」, Hiroshi Murase and Shree K. Nayer, Int. J. Computer Vision, vol.14, pp.5-24, 1995）に記載された従来技術では、入力画像の照明条件として複数の光源や拡張光源など様々な照明条件を考慮すると、これらを網羅するサンプル画像は膨大な量が必要になってしまう。また、特徴空間における多様体の形状について何も仮定されていないため、入力画像との距離を求める際に撮影条件のパラメタに対する探索を必要とする。したがって、多くの計算量が必

要となるという問題点があった。

【 0 0 1 7 】

従来技術 5、6 および 7 における文献（「What Is the Set of Images of an Object Under All Possible Illumination Conditions?」, Peter N. Belhumeur and David J. Kriegman, Int. J. Computer Vision, vol.28, pp.245-260, 1998）に記載された Illumination Subspace Method、Sampling Method では、対象物体に多数の方向から照明を当てた画像を撮影する必要があり、登録時に特別な照明装置が必要となることや、機材の配置の問題から十分に正確な照明条件の設定が困難であるという問題点がある。

【 0 0 1 8 】

また、当該 Illumination Subspace Method、Sampling Method は、ともに物体の位置や姿勢が変化した場合には、その位置姿勢における多数の照明条件の下での画像を撮影し、はじめからすべて計算し直す必要がある。したがって、入力画像において想定されるあらゆる位置姿勢における多数の照明条件の下での画像を撮影しなければならない。そのため、登録処理に手間がかかることや、あらかじめ登録されていない位置姿勢で撮影された画像は照合することができないなどの問題点もある。

【 0 0 1 9 】

また、当該 Illumination Subspace Method では、形状の複雑さに応じて extreme ray を計算する手続きに非常に多くの計算量を要する。文献（「What Is the Set of Images of an Object Under All Possible Illumination Conditions?」, Peter N. Belhumeur and David J. Kriegman, Int. J. Computer Vision, vol. 28, pp.245-260, 1998）によれば、物体表面の法線ベクトルのうち線形独立なものが  $M$  個ある場合、extreme ray の数は最大で  $M(M-1)$  個である。したがって、物体形状が積み木のように単純なものでない限り、膨大な数の画像を計算しなければならないため、複雑な形状の一般的な物体に対して全ての extreme ray を計算することは計算量の点で問題がある。また、物体形状が凸でなく、他の部分が光源を遮蔽して生じる影がある場合にはそのまま適用することはできないという問題点もある。

## 【0020】

また、当該Illumination Subspace Method、Sampling Method では、係数が負とならない条件の下での最小二乗法の計算もextreme rayの数に関係して非常に多くの計算量を必要するという問題点もある。当該Sampling Methodの技術では、この問題点に加えて、どの程度の数の基底画像を用いれば十分な性能が得られるのかが不明確であるという問題点もある。

## 【0021】

さらに、当該Illumination Subspace Method、Sampling Method は、ともに物体表面の反射特性が完全散乱面であることを仮定しているため、鏡面反射が存在したり、拡散反射も完全散乱でないような物体に対してはそのままでは適用できないという問題点もある。一般に、多くの物体はその表面の反射特性が完全散乱ではないからである。

## 【0022】

本発明は、上記問題点に鑑みなされたものであり、照合に用いる入力データとして3次元形状を必要とせず通常のカメラで撮影した2次元画像により照合することが可能な画像照合装置、画像照合方法及びそのプログラムを記録した記録媒体を提供することを目的とする。

## 【0023】

また、本発明は、入力画像における物体の3次元的な位置姿勢の変化を補正可能であり、登録時に必要なデータが簡便に測定可能であり、様々な照明条件において撮影された入力画像に対し照明条件の補正を高速な処理によって実現可能な画像照合装置、画像照合方法、及びそのプログラムを記録した記録媒体を提供することを目的とする。

## 【0024】

## 【課題を解決するための手段】

かかる目的を達成するために、請求項1記載の発明は、登録対象となる物体のデータを3次元データとして登録する登録手段と、該登録手段に登録された物体のデータと照合する物体のデータを2次元データとして取得し、登録手段に登録された物体のデータと照合する照合手段と、を有することを特徴とする。

## 【 0 0 2 5 】

請求項 2 記載の発明は、請求項 1 記載の発明において、照合手段は、登録手段に登録された物体のデータと照合する物体の画像を入力画像として撮影する撮影手段と、該撮影手段により撮影された物体の位置姿勢を補正する位置姿勢補正手段と、該位置姿勢補正手段により補正された位置姿勢と、登録手段に登録された登録データとから、撮影手段により撮影された入力画像と同一の位置姿勢であって、最も近似する照明条件の画像を比較画像として生成する照明補正手段と、該照明補正手段により生成された比較画像と、撮影手段により撮影された入力画像とを比較し、該 2 つの画像の類似度の評価値を算出する画像比較手段と、該画像比較手段により算出された評価値に基づいて、撮影手段により撮影された物体が登録手段に登録された物体であるか否かを判定する照合判定手段と、を有して構成されることを特徴とする。

## 【 0 0 2 6 】

請求項 3 記載の発明は、請求項 2 記載の発明において、登録手段は、登録対象となる物体の 3 次元形状を測定する 3 次元形状測定手段と、登録対象となる物体の 3 次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定手段と、3 次元形状測定手段により測定された 3 次元形状と、反射率測定手段により測定された反射率とを登録データとして記憶するデータ記憶手段と、を有して構成されることを特徴とする。

## 【 0 0 2 7 】

請求項 4 記載の発明は、請求項 2 記載の発明において、登録手段は、登録対象となる物体の 3 次元形状を測定する 3 次元形状測定手段と、登録対象となる物体を撮影し、該物体の画像情報を取得する画像情報取得手段と、3 次元形状測定手段により測定された 3 次元形状と、画像情報取得手段により取得された画像情報とを登録データとして記憶するデータ記憶手段と、を有して構成されることを特徴とする。

## 【 0 0 2 8 】

請求項 5 記載の発明は、請求項 2 記載の発明において、登録手段は、登録対象となる物体の 3 次元形状を測定する 3 次元形状測定手段と、複数の物体を登録す

るとき、3次元形状測定手段により測定された複数の3次元形状の平均となる平均3次元形状を生成する平均形状生成手段と、登録対象となる物体の3次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定手段と、3次元形状測定手段により測定された3次元形状と、平均形状生成手段により生成された平均3次元形状と、反射率測定手段により測定された反射率とを登録データとして記憶するデータ記憶手段と、を有して構成されることを特徴とする。

## 【0029】

請求項6記載の発明は、請求項3から5のいずれか1項に記載の発明において、照明補正手段は、位置姿勢補正手段により補正された位置姿勢と、登録手段に登録された物体の登録データとから、撮影手段により撮影された物体の位置姿勢と同一の位置姿勢にあって、様々な照明条件からなる照明条件群の各々の照明条件の下での画像を照明変動画像群として生成する画像生成手段と、該画像生成手段により生成された照明変動画像群から撮影手段により撮影された入力画像と最も近似する画像を生成して比較画像として、画像比較手段に出力する照明条件推定手段と、を有して構成されることを特徴とする。

## 【0030】

請求項7記載の発明は、請求項6記載の発明において、照明補正手段は、画像生成手段により生成された照明変動画像群により張られる照明変動空間を生成する照明変動空間生成手段をさらに有して構成され、照明条件推定手段は、照明変動空間生成手段により生成された照明変動空間内から入力画像に最も近似する画像を生成して比較画像として、画像比較手段に出力することを特徴とする。

## 【0031】

請求項8記載の発明は、請求項7記載の発明において、照明変動空間生成手段は、画像生成手段により生成された照明変動画像群を主成分分析を施すことにより、照明条件により画像上に現れている変動要因の大部分を覆う空間の基底ベクトル群を生成し、照明条件推定手段は、照明変動空間生成手段により生成された基底ベクトル群と、撮影手段により撮影された入力画像との間の相関を求め、該相関を基に基底ベクトル群から撮影手段により撮影された入力画像に最も近似する画像を生成して比較画像として画像比較手段に出力することを特徴とする。

## 【 0 0 3 2 】

請求項 9 記載の発明は、請求項 6 から 8 のいずれか 1 項に記載の発明において、照明補正手段は、様々な照明条件を設定し照明条件群として画像生成手段に出力する照明条件変化手段をさらに有して構成されることを特徴とする。

## 【 0 0 3 3 】

請求項 1 0 記載の発明は、請求項 2 記載の発明において、登録手段は、登録対象となる物体の 3 次元形状を測定する 3 次元形状測定手段と、登録対象となる物体を様々な照明条件で撮影し、テクスチャ画像群を生成するテクスチャ画像撮影手段と、3 次元形状測定手段により測定された 3 次元形状と、テクスチャ画像撮影手段により撮影されたテクスチャ画像群とを登録データとして記憶するデータ記憶手段と、を有して構成され、照明補正手段は、位置姿勢補正手段により補正された位置姿勢と、登録手段に登録された物体の 3 次元形状とテクスチャ画像群とから、撮影手段により撮影された物体の位置姿勢と同一の位置姿勢にある照明変動画像群を生成する画像生成手段と、該画像生成手段により生成された照明変動画像群から撮影手段により撮影された入力画像と最も近似する画像を生成して比較画像として、画像比較手段に出力する照明条件推定手段と、を有して構成されることを特徴とする。

## 【 0 0 3 4 】

請求項 1 1 記載の発明は、請求項 1 0 記載の発明において、照明補正手段は、画像生成手段により生成された照明変動画像群により張られる照明変動空間を生成する照明変動空間生成手段をさらに有して構成され、照明条件推定手段は、照明変動空間生成手段により生成された照明変動空間内から撮影手段により撮影された入力画像に最も近似する画像を生成して比較画像として、画像比較手段に出力することを特徴とする。

## 【 0 0 3 5 】

請求項 1 2 記載の発明は、請求項 1 1 記載の発明において、照明変動空間生成手段は、画像生成手段により生成された照明変動画像群を主成分分析を施すことにより、照明条件により画像上に現れている変動要因の大部分を覆う空間の基底ベクトル群を求め、照明条件推定手段は、照明変動空間生成手段により生成され

た基底ベクトル群と、撮影手段により撮影された入力画像との間の相関を求め、該相関を基に基底ベクトル群から撮影手段により撮影された入力画像に最も近似する画像を生成して比較画像として画像比較手段に出力することを特徴とする。

## 【 0 0 3 6 】

請求項 1 3 記載の発明は、請求項 2 記載の発明において、位置姿勢補正手段は、あらかじめ設定された一定の位置姿勢を照明補正手段に出力することを特徴とする。

## 【 0 0 3 7 】

請求項 1 4 記載の発明は、請求項 2 記載の発明において、位置姿勢補正手段は、撮影手段により撮影された入力画像に写っている物体の位置姿勢のパラメタを入力し、該入力した位置姿勢を照明補正手段に出力することを特徴とする。

## 【 0 0 3 8 】

請求項 1 5 記載の発明は、請求項 2 記載の発明において、位置姿勢補正手段は、撮影手段により撮影された入力画像に写っている物体の位置姿勢を推定し、該推定した位置姿勢を照明補正手段に出力することを特徴とする。

## 【 0 0 3 9 】

請求項 1 6 記載の発明は、請求項 1 5 記載の発明において、登録手段は、登録対象となる物体の 3 次元形状を測定する 3 次元形状測定手段と、登録対象となる物体の 3 次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定手段と、3 次元形状測定手段により測定された 3 次元形状と、反射率測定手段により測定された反射率とから特徴点位置を抽出する第 1 の特徴点抽出手段と、3 次元形状測定手段により測定された 3 次元形状と、反射率測定手段により測定された反射率と、第 1 の特徴点抽出手段により抽出された特徴点位置とを登録データとして記憶するデータ記憶手段と、を有して構成され、位置補正手段は、データ記憶手段により記憶された特徴点位置と同一の特徴点位置を撮影手段により撮影された入力画像から入力画像特徴点位置として抽出する第 2 の特徴点抽出手段と、データ記憶手段により記憶された 3 次元形状と特徴点位置と、第 2 の特徴点抽出手段により抽出された入力画像特徴点位置とから、撮影手段により撮影された物体の

位置姿勢を推定し、該推定された位置姿勢を照明補正手段に出力する位置姿勢計算手段と、を有して構成されることを特徴とする。

## 【 0 0 4 0 】

請求項 1 7 記載の発明は、請求項 1 6 記載の発明において、照明補正手段は、位置姿勢補正手段により補正された位置姿勢と、データ記憶手段に記憶された 3 次元形状と反射率とから、撮影手段により撮影された物体の位置姿勢と同一の位置姿勢にあって、様々な照明条件からなる照明条件群の各々の照明条件の下での画像を照明変動画像群として生成する画像生成手段と、該画像生成手段により生成された照明変動画像群から撮影手段により撮影された入力画像に最も近似する画像を生成して比較画像として、画像比較手段に出力する照明条件推定手段と、を有して構成されることを特徴とする。

## 【 0 0 4 1 】

請求項 1 8 記載の発明は、請求項 1 7 記載の発明において、照明補正手段は、画像生成手段により生成された照明変動画像群により張られる照明変動空間を生成する照明変動空間生成手段をさらに有して構成され、照明条件推定手段は、照明変動空間生成手段により生成された照明変動空間内から入力画像に最も近似する画像を生成して比較画像として、画像比較手段に出力することを特徴とする。

## 【 0 0 4 2 】

請求項 1 9 記載の発明は、請求項 1 8 記載の発明において、照明変動空間生成手段は、画像生成手段により生成された照明変動画像群を主成分分析を施すことにより、照明条件により画像上に現れている変動要因の大部分を覆う空間の基底ベクトル群を生成し、照明条件推定手段は、照明変動空間生成手段により生成された基底ベクトル群と、撮影手段により撮影された入力画像との間の相関を求め、該相関を基に基底ベクトル群から撮影手段により撮影された入力画像に最も近似する画像を生成して比較画像として画像比較手段に出力することを特徴とする。

## 【 0 0 4 3 】

請求項 2 0 記載の発明は、請求項 1 7 から 1 9 のいずれか 1 項に記載の発明に



において、照明補正手段は、様々な照明条件を設定し照明条件群として画像生成手段に出力する照明条件変化手段をさらに有して構成されることを特徴とする。

## 【 0 0 4 4 】

請求項 2 1 記載の発明は、請求項 1 記載の発明において、登録手段は、登録対象となる物体の 3 次元形状を測定する 3 次元形状測定手段と、登録対象となる物体の 3 次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定手段と、様々な照明条件からなる照明条件群の各々の照明条件の下での登録対象となる物体の画像を照明変動画像群として生成する画像生成手段と、該画像生成手段により生成された照明変動画像群により張られる照明変動空間を生成する照明変動空間生成手段と、該照明変動空間生成手段により生成された照明変動空間を登録データとして記憶するデータ記憶手段と、を有して構成され、照合手段は、登録手段に登録された物体のデータと照合する物体の画像を入力画像として撮影する撮影手段と、データ記憶手段に記憶された照明変動空間内から入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成する照明条件推定手段と、該照明条件推定手段により生成された比較画像と、撮影手段により撮影された入力画像とを比較し、該 2 つの画像の類似度の評価値を算出する画像比較手段と、該画像比較手段により算出された評価値に基づいて、撮影手段により撮影された物体が登録手段に登録されている物体であるか否かを判定する照合判定手段と、を有して構成されることを特徴とする。

## 【 0 0 4 5 】

請求項 2 2 記載の発明は、請求項 1 記載の発明において、登録手段は、登録対象となる物体の 3 次元形状を測定する 3 次元形状測定手段と、登録対象となる物体の 3 次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定手段と、様々な照明条件からなる照明条件群の各々の照明条件の下での登録対象となる物体の画像を照明変動画像群として生成する画像生成手段と、該画像生成手段により生成された照明変動画像群を主成分分析を施すことにより、照明条件により画像上に現れている変動要因の大部分を覆う空間の基底ベクトル群を生成する照明変動空間生成手段と、該照明変動空間生成手段により生成された基底ベクトル群を登録データとして記憶するデータ記憶手段と、を有して構成され、照合手段は、

登録手段に登録された物体のデータと照合する物体の画像を入力画像として撮影する撮影手段と、データ記憶手段に記憶された基底ベクトル群と、撮影手段により撮影された入力画像との間の相関を求め、該相関を基に基底ベクトル群から撮影手段により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成する照明条件推定手段と、該照明条件推定手段により生成された比較画像と、撮影手段により撮影された入力画像とを比較し、該 2 つの画像の類似度の評価値を算出する画像比較手段と、該画像比較手段により算出された評価値に基づいて、撮影手段により撮影された物体が登録手段に登録されている物体であるか否かを判定する照合判定手段と、を有して構成されることを特徴とする。

## 【 0 0 4 6 】

請求項 2 3 記載の発明は、請求項 2 から 2 2 のいずれか 1 項に記載の発明において、3次元形状測定手段は、図面を読み込むことにより、3次元形状を測定することを特徴とする。

## 【 0 0 4 7 】

請求項 2 4 記載の発明は、請求項 2 から 2 3 のいずれか 1 項に記載の発明において、反射率測定手段は、図面を読み込むことにより、反射率を測定することを特徴とする。

## 【 0 0 4 8 】

請求項 2 5 記載発明は、請求項 2 から 2 4 のいずれか 1 項に記載の発明において、撮影手段は、フィルム、写真、印刷物のいずれかを読み込んで、入力画像とすることを特徴とする。

## 【 0 0 4 9 】

請求項 2 6 記載の発明は、請求項 2 から 2 5 のいずれか 1 項に記載の発明において、照合判定手段は、登録手段に登録された物体の内、どの物体であるかを検索することを特徴とする。

## 【 0 0 5 0 】

請求項 2 7 記載の発明は、請求項 2 から 2 6 のいずれか 1 項に記載の発明において、照合判定手段は、登録手段に登録された物体の内、近似する物体を検索することを特徴とする。

## 【 0 0 5 1 】

請求項 2 8 記載の発明は、請求項 1 から 2 7 のいずれか 1 項に記載の発明において、登録対象となる物体は、自動車であることを特徴とする。

## 【 0 0 5 2 】

請求項 2 9 記載の発明は、請求項 1 から 2 8 のいずれか 1 項に記載の発明において、登録対象となる物体は、人間の顔であることを特徴とする。

## 【 0 0 5 3 】

請求項 3 0 記載の発明は、登録対象となる物体のデータを 3 次元データとして登録する登録工程と、該登録工程により登録された物体のデータと照合する物体のデータを 2 次元データとして取得し、登録工程により登録された物体のデータと照合する照合工程と、を有することを特徴とする。

## 【 0 0 5 4 】

請求項 3 1 記載の発明は、請求項 3 0 記載の発明において、照合工程は、登録工程により登録された物体のデータと照合する物体の画像を入力画像として撮影する撮影工程と、該撮影工程により撮影された物体の位置姿勢を補正する位置姿勢補正工程と、該位置姿勢補正工程により補正された位置姿勢と、登録工程により登録された登録データとから、撮影工程により撮影された入力画像と同一の位置姿勢であって、最も近似する照明条件の画像を比較画像として生成する照明補正工程と、該画像補正工程により生成された比較画像と、撮影工程により撮影された入力画像とを比較し、該 2 つの画像の類似度の評価値を算出する画像比較工程と、該画像比較工程により算出された評価値に基づいて、撮影工程により撮影された物体が登録工程により登録された物体であるか否かを判定する照合判定工程と、を有して構成されることを特徴とする。

## 【 0 0 5 5 】

請求項 3 2 記載の発明は、請求項 3 1 記載の発明において、登録工程は、登録対象となる物体の 3 次元形状を測定する 3 次元形状測定工程と、登録対象となる物体の 3 次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定工程と、3 次元形状測定工程により測定された 3 次元形状と、反射率測定工程により測定された反射率とを登録データとして記憶するデータ記憶工程と、を有して構成さ

れることを特徴とする。

【 0 0 5 6 】

請求項 3 3 記載の発明は、請求項 3 1 記載の発明において、登録工程は、登録対象となる物体の 3 次元形状を測定する 3 次元形状測定工程と、登録対象となる物体を撮影し、該物体の画像情報を取得する画像情報取得工程と、3 次元形状測定工程により測定された 3 次元形状と、画像情報取得工程により取得された画像情報とを登録データとして記憶するデータ記憶工程と、を有して構成されることを特徴とする。

【 0 0 5 7 】

請求項 3 4 記載の発明は、請求項 3 1 記載の発明において、登録工程は、登録対象となる物体の 3 次元形状を測定する 3 次元形状測定工程と、複数の物体を登録するとき、3 次元形状測定工程により測定した複数の物体の 3 次元形状の平均となる 3 次元形状を生成する平均形状生成工程と、登録対象となる物体の 3 次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定工程と、3 次元形状測定工程により測定された 3 次元形状と、平均形状生成工程により生成された平均 3 次元形状と、反射率測定工程により測定された反射率とを登録データとして記憶するデータ記憶工程と、を有して構成されることを特徴とする。

【 0 0 5 8 】

請求項 3 5 記載の発明は、請求項 3 2 から 3 4 のいずれか 1 項に記載の発明において、照明補正工程は、位置姿勢補正工程により補正された位置姿勢と、登録工程により登録された物体の登録データとから、撮影工程により撮影された物体の位置姿勢と同一の位置姿勢にあって、様々な照明条件からなる照明条件群の各々の照明条件の下での画像を照明変動画像群として生成する画像生成工程と、該画像生成工程により生成された照明変動画像群から撮影工程により撮影された入力画像と最も近似する画像を比較画像として生成する照明条件推定工程と、を有して構成されることを特徴とする。

【 0 0 5 9 】

請求項 3 6 記載の発明は、請求項 3 5 記載の発明において、照明補正工程は、照明条件推定工程により比較画像を生成する前に、画像生成工程により生成され

た照明変動画像群により張られる照明変動空間を生成する照明変動空間生成工程をさらに有して構成され、照明条件推定工程は、照明変動空間生成工程により生成された照明変動空間内から入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成することを特徴とする。

## 【 0 0 6 0 】

請求項 3 7 記載の発明は、請求項 3 6 記載の発明において、照明変動空間生成工程は、画像生成工程により生成された照明変動画像群を主成分分析を施すことにより、照明条件により画像上に現れている変動要因の大部分を覆う空間の基底ベクトル群を生成し、照明条件推定工程は、照明変動空間生成工程により生成された基底ベクトル群と、撮影工程により撮影された入力画像との間の相関を求め、該相関を基に基底ベクトル群から撮影工程により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成することを特徴とする。

## 【 0 0 6 1 】

請求項 3 8 記載の発明は、請求項 3 5 から 3 7 のいずれか 1 項に記載の発明において、照明補正工程は、画像生成工程により照明変動画像群が生成される前に、該照明変動画像群が生成される際に用いられる照明条件群を、様々な照明条件を設定し生成する照明条件変化工程をさらに有して構成されることを特徴とする。

## 【 0 0 6 2 】

請求項 3 9 記載の発明は、請求項 3 1 記載の発明において、登録工程は、登録対象となる物体の 3 次元形状を測定する 3 次元形状測定工程と、登録対象となる物体を様々な照明条件で撮影し、テクスチャ画像群を生成するテクスチャ画像撮影工程と、3 次元形状測定工程により測定された 3 次元形状と、テクスチャ画像撮影工程により撮影されたテクスチャ画像群とを登録データとして記憶するデータ記憶工程と、を有して構成され、照明補正工程は、位置姿勢補正工程により補正された位置姿勢と、データ記憶工程により記憶された物体の 3 次元形状とテクスチャ画像群とから、撮影工程により撮影された物体の位置姿勢と同一の位置姿勢にある照明変動画像群を生成する画像生成工程と、該画像生成工程により生成された照明変動画像群から撮影工程により撮影された入力画像と最も近似する画

像を比較画像として生成する照明条件推定工程と、を有して構成されることを特徴とする。

## 【 0 0 6 3 】

請求項 4 0 記載の発明は、請求項 3 9 記載の発明において、照明補正工程は、照明条件推定工程により比較画像を生成する前に、画像生成工程により生成された照明変動画像群により張られる照明変動空間を生成する照明変動空間生成工程をさらに有して構成され、照明条件推定工程は、照明変動空間生成工程により生成された照明変動空間内から撮影工程により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成することを特徴とする。

## 【 0 0 6 4 】

請求項 4 1 記載の発明は、請求項 4 0 記載の発明において、照明変動空間生成工程は、画像生成工程により生成された照明変動画像群を主成分分析を施すことにより、照明条件により画像上に現れている変動要因の大部分を覆う空間の基底ベクトル群を生成し、照明条件推定工程は、照明変動空間生成工程により生成された基底ベクトル群と、撮影工程により撮影された入力画像との間の相関を求め、該相関を基に基底ベクトル群から撮影工程により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成することを特徴とする。

## 【 0 0 6 5 】

請求項 4 2 記載の発明は、請求項 3 1 記載の発明において、位置姿勢補正工程は、あらかじめ設定された一定の位置姿勢を補正した位置姿勢とすることを特徴とする。

## 【 0 0 6 6 】

請求項 4 3 記載の発明は、請求項 3 1 記載の発明において、位置姿勢補正工程は、撮影工程により撮影された入力画像に写っている物体の位置姿勢のパラメタを入力し、該入力した位置姿勢を補正した位置姿勢とすることを特徴とする。

## 【 0 0 6 7 】

請求項 4 4 記載の発明は、請求項 3 1 記載の発明において、位置姿勢補正工程は、撮影工程により撮影された入力画像に写っている物体の位置姿勢を推定し、該推定した位置姿勢を補正した位置姿勢とすることを特徴とする。

## 【 0 0 6 8 】

請求項 4 5 記載の発明は、請求項 4 4 記載の発明において、登録工程は、登録対象となる物体の 3 次元形状を測定する 3 次元形状測定工程と、登録対象となる物体の 3 次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定工程と、3 次元形状測定工程により測定された 3 次元形状と、反射率測定工程により測定された反射率とから特徴点位置を抽出する第 1 の特徴点抽出工程と、3 次元形状測定工程により測定された 3 次元形状と、反射率測定工程により測定された反射率と、第 1 の特徴点抽出工程により抽出された特徴点位置とを登録データとして記憶するデータ記憶工程と、を有して構成され、位置姿勢補正工程は、データ記憶工程により記憶された特徴点位置と同一の特徴点位置を撮影工程により撮影された入力画像から入力画像特徴点位置として抽出する第 2 の特徴点抽出工程と、データ記憶工程により記憶された 3 次元形状と特徴点位置と、第 2 の特徴点抽出工程により抽出された入力画像特徴点位置とから、撮影工程により撮影された物体の位置姿勢を推定する位置姿勢計算工程と、を有して構成されることを特徴とする。

## 【 0 0 6 9 】

請求項 4 6 記載の発明は、請求項 4 5 記載の発明において、照明補正工程は、位置姿勢補正工程により補正された位置姿勢と、データ記憶工程により記憶された 3 次元形状と反射率とから、撮影工程により撮影された物体の位置姿勢と同一の位置姿勢にあって、様々な照明条件からなる照明条件群の各々の照明条件の下での画像を照明変動画像群として生成する画像生成工程と、該画像生成工程により生成された照明変動画像群から撮影工程により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成する照明条件推定工程と、を有して構成されることを特徴とする。

## 【 0 0 7 0 】

請求項 4 7 記載の発明は、請求項 4 6 記載の発明において、照明補正工程は、照明条件推定工程により比較画像を生成する前に、画像生成工程により生成された照明変動画像群により張られる照明変動空間を生成する照明変動空間生成工程をさらに有して構成され、照明条件推定工程は、照明変動空間生成工程により生

成された照明変動空間内から入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成することを特徴とする。

## 【 0 0 7 1 】

請求項 4 8 記載の発明は、請求項 4 7 記載の発明において、照明変動空間生成工程は、画像生成工程により生成された照明変動画像群を主成分分析を施すことにより、照明条件により画像上に現れている変動要因の大部分を覆う空間の基底ベクトル群を生成し、照明条件推定工程は、照明変動空間生成工程により生成された基底ベクトル群と、撮影工程により撮影された入力画像との間の相関を求め、該相関を基に基底ベクトル群から撮影工程により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成することを特徴とする。

## 【 0 0 7 2 】

請求項 4 9 記載の発明は、請求項 4 6 から 4 8 のいずれか 1 項に記載の発明において、照明補正工程は、画像生成工程により照明変動画像群が生成される前に、該照明変動画像群が生成される際に用いられる照明条件群を、様々な照明条件を設定し生成する照明条件変化工程をさらに有して構成されることを特徴とする。

## 【 0 0 7 3 】

請求項 5 0 記載の発明は、請求項 3 0 記載の発明において、登録工程は、登録対象となる物体の 3 次元形状を測定する 3 次元形状測定工程と、登録対象となる物体の 3 次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定工程と、様々な照明条件からなる照明条件群の各々の照明条件の下での登録対象となる物体の画像を照明変動画像群として生成する画像生成工程と、該画像生成工程により生成された照明変動画像群により張られる照明変動空間を生成する照明変動空間生成工程と、該照明変動空間生成工程により生成された照明変動空間を登録データとして記憶するデータ記憶工程と、を有して構成され、照合工程は、登録工程に登録された物体のデータと照合する物体の画像を入力画像として撮影する撮影工程と、データ記憶工程により記憶された照明変動空間内から撮影工程により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成する照明条件推定工程と、該照明条件推定工程により生成された比較画像と、撮影工程により撮影



された入力画像とを比較し、該 2 つの画像の類似度の評価値を算出する画像比較工程と、該画像比較工程により算出された評価値に基づいて、撮影工程により撮影された物体が登録工程により登録された物体であるか否かを判定する照合判定工程と、を有して構成されることを特徴とする。

## 【 0 0 7 4 】

請求項 5 1 記載の発明は、請求項 3 0 記載の発明において、登録工程は、登録対象となる物体の 3 次元形状を測定する 3 次元形状測定工程と、登録対象となる物体の 3 次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定工程と、様々な照明条件からなる照明条件群の各々の照明条件の下での登録対象となる物体の画像を照明変動画像群として生成する画像生成工程と、該画像生成工程により生成された照明変動画像群を主成分分析を施すことにより、照明条件により画像上に現れている変動要因の大部分を覆う空間の基底ベクトル群を生成する照明変動空間生成工程と、該照明変動空間生成工程により生成された基底ベクトル群を登録データとして記憶するデータ記憶工程と、を有して構成され、照合工程は、登録工程により登録された物体のデータと照合する物体の画像を入力画像として撮影する撮影工程と、データ記憶工程により記憶された基底ベクトル群と、撮影工程により撮影された入力画像との間の相関を求め、該相関を基に基底ベクトル群から撮影工程により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成する照明条件推定工程と、該照明条件推定工程により生成された比較画像と、撮影工程により撮影された入力画像とを比較し、該 2 つの画像の類似度の評価値を算出する画像比較工程と、該画像比較工程により算出された評価値に基づいて、撮影工程により撮影された物体が登録工程に登録されている物体であるか否かを判定する照合判定工程と、を有して構成されることを特徴とする。

## 【 0 0 7 5 】

請求項 5 2 記載の発明は、請求項 3 1 から 5 1 のいずれか 1 項に記載の発明において、3 次元形状測定工程は、図面を読み込むことにより、3 次元形状を測定することを特徴とする。

## 【 0 0 7 6 】

請求項 5 3 記載の発明は、請求項 3 1 から 5 2 のいずれか 1 項に記載の発明に

において、反射率測定工程は、図面を読み込むことにより、反射率を測定することを特徴とする。

## 【 0 0 7 7 】

請求項 5 4 記載の発明は、請求項 3 1 から 5 3 のいずれか 1 項に記載の発明において、撮影工程は、フィルム、写真、印刷物のいずれかを読み込んで、入力画像とすることを特徴とする。

## 【 0 0 7 8 】

請求項 5 5 記載の発明は、請求項 3 1 から 5 4 のいずれか 1 項に記載の発明において、照合判定工程は、登録工程により登録された物体の内、どの物体であるかを検索することを特徴とする。

## 【 0 0 7 9 】

請求項 5 6 記載の発明は、請求項 3 1 から 5 5 のいずれか 1 項に記載の発明において、照合判定工程は、登録工程により登録された物体の内、近似する物体を検索することを特徴とする。

## 【 0 0 8 0 】

請求項 5 7 記載の発明は、請求項 3 0 から 5 6 のいずれか 1 項に記載の発明において、登録対象となる物体は、自動車であることを特徴とする。

## 【 0 0 8 1 】

請求項 5 8 記載の発明は、請求項 3 0 から 5 7 のいずれか 1 項に記載の発明において、登録対象となる物体は、人間の顔であることを特徴とする。

## 【 0 0 8 2 】

請求項 5 9 記載の発明は、登録対象となる物体のデータを 3 次元データとして登録する登録処理と、該登録処理により登録された物体のデータと照合する物体のデータを 2 次元データとして取得し、登録処理により登録された物体のデータと照合する照合処理と、を実行することを特徴とする。

## 【 0 0 8 3 】

請求項 6 0 記載の発明は、請求項 5 9 の記載の発明において、照合処理は、登録処理により登録された物体のデータと照合する物体の画像を入力画像として撮影する撮影処理と、該撮影処理により撮影された物体の位置姿勢を補正する位置

姿勢補正処理と、該位置姿勢補正処理により補正された位置姿勢と、登録処理により登録された登録データとから、撮影処理により撮影された入力画像と同一の位置姿勢であって、最も近似する照明条件の画像を比較画像として生成する照明補正処理と、該画像補正処理により生成された比較画像と、撮影処理により撮影された入力画像とを比較し、該 2 つの画像の類似度の評価値を算出する画像比較処理と、該画像比較処理により算出された評価値に基づいて、撮影処理により撮影された物体が登録処理により登録された物体であるか否かを判定する照合判定処理と、を有して構成されることを特徴とする。

## 【 0 0 8 4 】

請求項 6 1 記載の発明は、請求項 6 0 記載の発明において、登録処理は、登録対象となる物体の 3 次元形状を測定する 3 次元形状測定処理と、登録対象となる物体の 3 次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定処理と、3 次元形状測定処理により測定された 3 次元形状と、反射率測定処理により測定された反射率とを登録データとして記憶するデータ記憶処理と、を有して構成されることを特徴とする。

## 【 0 0 8 5 】

請求項 6 2 記載の発明は、請求項 6 0 記載の発明において、登録処理は、登録対象となる物体の 3 次元形状を測定する 3 次元形状測定処理と、登録対象となる物体を撮影し、該物体の画像情報を取得する画像情報取得処理と、3 次元形状測定処理により測定された 3 次元形状と、画像情報取得処理により取得された画像情報とを登録データとして記憶するデータ記憶処理と、を有して構成されることを特徴とする。

## 【 0 0 8 6 】

請求項 6 3 記載の発明は、請求項 6 0 記載の発明において、登録処理は、登録対象となる物体の 3 次元形状を測定する 3 次元形状測定処理と、複数の物体を登録するとき、3 次元形状測定処理により測定した複数の物体の 3 次元形状の平均となる 3 次元形状を生成する平均形状生成処理と、登録対象となる物体の 3 次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定処理と、3 次元形状測定処理により測定された 3 次元形状と、平均形状生成処理により生成された平均

3次元形状と、反射率測定処理により測定された反射率とを登録データとして記憶するデータ記憶処理と、を有して構成されることを特徴とする。

## 【0087】

請求項64記載の発明は、請求項61から63記載のいずれか1項に記載の発明において、照明補正処理は、位置姿勢補正処理により補正された位置姿勢と、登録処理により登録された物体の登録データとから、撮影処理により撮影された物体の位置姿勢と同一の位置姿勢にあって、様々な照明条件からなる照明条件群の各々の照明条件の下での画像を照明変動画像群として生成する画像生成処理と、該画像生成処理により生成された照明変動画像群から撮影処理により撮影された入力画像と最も近似する画像を比較画像として生成する照明条件推定処理と、を有して構成されることを特徴とする。

## 【0088】

請求項65記載の発明は、請求項64記載の発明において、照明補正処理は、照明条件推定処理により比較画像を生成する前に、画像生成処理により生成された照明変動画像群により張られる照明変動空間を生成する照明変動空間生成処理をさらに有して構成され、照明条件推定処理は、照明変動空間生成処理により生成された照明変動空間内から入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成することを特徴とする。

## 【0089】

請求項66記載の発明は、請求項65記載の発明において、照明変動空間生成処理は、画像生成処理により生成された照明変動画像群を主成分分析を施すことにより、照明条件により画像上に現れている変動要因の大部分を覆う空間の基底ベクトル群を生成し、照明条件推定処理は、照明変動空間生成処理により生成された基底ベクトル群と、撮影処理により撮影された入力画像との間の相関を求め、該相関を基に基底ベクトル群から撮影処理により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成することを特徴とする。

## 【0090】

請求項67記載の発明は、請求項64から66のいずれか1項に記載の発明において、照明補正処理は、画像生成処理により照明変動画像群が生成される前に

、該照明変動画像群が生成される際に用いられる照明条件群を、様々な照明条件を設定し生成する照明条件変化処理をさらに有して構成されることを特徴とする。

#### 【0091】

請求項68記載の発明は、請求項60記載の発明において、登録処理は、登録対象となる物体の3次元形状を測定する3次元形状測定処理と、登録対象となる物体を様々な照明条件で撮影し、テクスチャ画像群を生成するテクスチャ画像撮影処理と、3次元形状測定処理により測定された3次元形状と、テクスチャ画像撮影処理により撮影されたテクスチャ画像群とを登録データとして記憶するデータ記憶処理と、を有して構成され、照明補正処理は、位置姿勢補正処理により補正された位置姿勢と、データ記憶処理により記憶された3次元形状とテクスチャ画像群とから、撮影処理により撮影された物体の位置姿勢と同一の位置姿勢にある照明変動画像群を生成する画像生成処理と、該画像生成処理により生成された照明変動画像群から撮影処理により撮影された入力画像と最も近似する画像を比較画像として生成する照明条件推定処理と、を有して構成されることを特徴とする。

#### 【0092】

請求項69記載の発明は、請求項68記載の発明において、照明補正処理は、照明条件推定処理により比較画像を生成する前に、画像生成処理により生成された照明変動画像群により張られる照明変動空間を生成する照明変動空間生成処理をさらに有して構成され、照明条件推定処理は、照明変動空間生成処理により生成された照明変動空間内から撮影処理により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成することを特徴とする。

#### 【0093】

請求項70記載の発明は、請求項69記載の発明において、照明変動空間生成処理は、画像生成処理により生成された照明変動画像群を主成分分析を施すことにより、照明条件により画像上に現れている変動要因の大部分を覆う空間の基底ベクトル群を生成し、照明条件推定処理は、照明変動空間生成処理により生成された基底ベクトル群と、撮影処理により撮影された入力画像との間の相関を求め

、該相関を基に基底ベクトル群から撮影処理により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成することを特徴とする。

## 【 0 0 9 4 】

請求項 7 1 記載の発明は、請求項 6 0 記載の発明において、位置姿勢補正処理は、あらかじめ設定された一定の位置姿勢を補正した位置姿勢とすることを特徴とする。

## 【 0 0 9 5 】

請求項 7 2 記載の発明は、請求項 6 0 記載の発明において、位置姿勢補正処理は、撮影処理により撮影された入力画像に写っている物体の位置姿勢のパラメタを入力し、該入力した位置姿勢を補正した位置姿勢とすることを特徴とする。

## 【 0 0 9 6 】

請求項 7 3 記載の発明は、請求項 6 0 記載の発明において、位置姿勢補正処理は、撮影処理により撮影された入力画像に写っている物体の位置姿勢を推定し、該推定した位置姿勢を補正した位置姿勢とすることを特徴とする。

## 【 0 0 9 7 】

請求項 7 4 記載の発明は、請求項 7 3 記載の発明において、登録処理は、登録対象となる物体の 3 次元形状を測定する 3 次元形状測定処理と、登録対象となる物体の 3 次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定処理と、3 次元形状測定処理により測定された 3 次元形状と、反射率測定処理により測定された反射率とから特徴点位置を抽出する第 1 の特徴点抽出処理と、3 次元形状測定処理により測定された 3 次元形状と、反射率測定処理により測定された反射率と、第 1 の特徴点抽出処理により抽出された特徴点位置とを登録データとして記憶するデータ記憶処理と、を有して構成され、位置姿勢補正処理は、データ記憶処理により記憶された特徴点位置と同一の特徴点位置を撮影処理により撮影された入力画像から入力画像特徴点位置として抽出する第 2 の特徴点抽出処理と、データ記憶処理により記憶された 3 次元形状と特徴点位置と、第 2 の特徴点抽出処理により抽出された入力画像特徴点位置とから、撮影処理により撮影された物体の位置姿勢を推定する位置姿勢計算処理と、を有して構成されることを特徴とする。

## 【 0 0 9 8 】

請求項 7 5 記載の発明は、請求項 7 4 記載の発明において、照明補正処理は、位置姿勢補正処理により補正された位置姿勢と、登録処理により登録された物体のデータとから、撮影処理により撮影された物体の位置姿勢と同一の位置姿勢にあって、様々な照明条件からなる照明条件群の各々の照明条件の下での画像を照明変動画像群として生成する画像生成処理と、該画像生成処理により生成された照明変動画像群から撮影処理により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成する照明条件推定処理と、を有して構成されることを特徴とする。

## 【 0 0 9 9 】

請求項 7 6 記載の発明は、請求項 7 5 記載の発明において、照明補正処理は、照明条件推定処理により比較画像を生成する前に、画像生成処理により生成された照明変動画像群により張られる照明変動空間を生成する照明変動空間生成処理をさらに有して構成され、照明条件推定処理は、照明変動空間処理により生成された照明変動空間内から入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成することを特徴とする。

## 【 0 1 0 0 】

請求項 7 7 記載の発明は、請求項 7 6 記載の発明において、照明変動空間生成処理は、画像生成処理により生成された照明変動画像群を主成分分析を施すことにより、照明条件により画像上に現れている変動要因の大部分を覆う空間の基底ベクトル群を生成し、照明条件推定処理は、照明変動空間生成処理により生成された基底ベクトル群と、撮影処理により撮影された入力画像との間の相関を求め、該相関を基に基底ベクトル群から撮影処理により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成することを特徴とする。

## 【 0 1 0 1 】

請求項 7 8 記載の発明は、請求項 7 5 から 7 7 のいずれか 1 項に記載の発明において、照明補正処理は、画像生成処理により照明変動画像群が生成される前に、該照明変動画像群が生成される際に用いられる照明条件群を、様々な照明条件を設定し生成する照明条件変化処理をさらに有して構成されることを特徴とする

## 【 0 1 0 2 】

請求項 7 9 記載の発明は、請求項 5 9 記載の発明において、登録処理は、登録対象となる物体の 3 次元形状を測定する 3 次元形状測定処理と、登録対象となる物体の 3 次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定処理と、様々な照明条件からなる照明条件群の各々の照明条件の下での登録対象となる物体の画像を照明変動画像群として生成する画像生成処理と、該画像生成処理により生成された照明変動画像群により張られる照明変動空間を生成する照明変動空間生成処理と、該照明変動空間生成処理により生成された照明変動空間を登録データとして記憶するデータ記憶処理と、を有して構成され、照合処理は、登録処理に登録された物体のデータと照合する物体の画像を入力画像として撮影する撮影処理と、データ記憶処理により記憶された照明変動空間内から撮影処理により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成する照明条件推定処理と、該照明条件推定処理により生成された比較画像と、撮影処理により撮影された入力画像とを比較し、該 2 つの画像の類似度の評価値を算出する画像比較処理と、該画像比較処理により算出された評価値に基づいて、撮影処理により撮影された物体が登録処理により登録された物体であるか否かを判定する照合判定処理と、を有して構成されることを特徴とする。

## 【 0 1 0 3 】

請求項 8 0 記載の発明は、請求項 5 9 記載の発明において、登録処理は、登録対象となる物体の 3 次元形状を測定する 3 次元形状測定処理と、登録対象となる物体の 3 次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定処理と、様々な照明条件からなる照明条件群の各々の照明条件の下での登録対象となる物体の画像を照明変動画像群として生成する画像生成処理と、該画像生成処理により生成された照明変動画像群を主成分分析を施すことにより、照明条件により画像上に現れている変動要因の大部分を覆う空間の基底ベクトル群を生成する照明変動空間生成処理と、該照明変動空間生成処理により生成された基底ベクトル群を登録データとして記憶するデータ記憶処理と、を有して構成され、照合処理は、登録処理により登録された物体のデータと照合する物体の画像を入力画像とし



て撮影する撮影処理と、データ記憶処理により記憶された基底ベクトル群と、撮影処理により撮影された入力画像との間の相関を求め、該相関を基に基底ベクトル群から撮影処理により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成する照明条件推定処理と、該照明条件推定処理により生成された比較画像と、撮影処理により撮影された入力画像とを比較し、該 2 つの画像の類似度の評価値を算出する画像比較処理と、該画像比較処理により算出された評価値に基づいて、撮影処理により撮影された物体が登録処理に登録されている物体であるかを判定する照合判定処理と、を有して構成されることを特徴とする。

## 【 0 1 0 4 】

請求項 8 1 記載の発明は、請求項 6 0 から 8 0 のいずれか 1 項に記載の発明において、3次元形状測定処理は、図面を読み込むことにより、3次元形状を測定することを特徴とする。

## 【 0 1 0 5 】

請求項 8 2 記載の発明は、請求項 6 0 から 8 1 のいずれか 1 項に記載の発明において、反射率測定処理は、図面を読み込むことにより、反射率を測定することを特徴とする。

## 【 0 1 0 6 】

請求項 8 3 記載の発明は、請求項 6 0 から 8 2 のいずれか 1 項に記載の発明において、撮影処理は、フィルム、写真、印刷物のいずれかを読み込んで、入力画像とすることを特徴とする。

## 【 0 1 0 7 】

請求項 8 4 記載の発明は、請求項 6 0 から 8 3 のいずれか 1 項に記載の発明において、照合判定処理は、登録処理により登録された物体の内、どの物体であるかを検索することを特徴とする。

## 【 0 1 0 8 】

請求項 8 5 記載の発明は、請求項 6 0 から 8 4 のいずれか 1 項に記載の発明において、照合判定処理は、登録処理により登録された物体の内、近似する物体を検索することを特徴とする。

## 【 0 1 0 9 】

請求項 8 6 記載の発明は、請求項 5 9 から 8 5 のいずれか 1 項に記載の発明において、登録対象となる物体は、自動車であることを特徴とする。

【 0 1 1 0 】

請求項 8 7 記載の発明は、請求項 5 9 から 8 6 のいずれか 1 項に記載の発明において、登録対象となる物体は、人間の顔であることを特徴とする。

【 0 1 1 1 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を添付図面を参照しながら詳細に説明する。

【 0 1 1 2 】

（第 1 の実施の形態）

図 1 は、第 1 の実施の形態における画像照合装置の構成及び処理の流れを示すブロック図である。図 2 は、本実施の形態の構成図である。図 1 に示すように、登録手段 1 0 0 は、3 次元形状測定装置を用いて物体の 3 次元形状と、物体表面の反射率または色情報を測定し、両者を記憶しておく。照合手段 2 0 0 は、ビデオカメラ等の撮像装置を用いて 2 次元の画像を撮影し、登録手段 1 0 0 に登録されているデータとの照合処理を行う。

【 0 1 1 3 】

本実施の形態は、物体の 3 次元形状と表面の反射率を登録しておくことにより、任意の位置姿勢、任意の照明条件の下での物体の画像を生成できること、および該位置姿勢にある照合対象物体の様々な照明条件の下での画像群が画像空間内の低次元の部分空間として表現できることを利用する。

【 0 1 1 4 】

登録手段 1 0 0 は、3 次元形状測定手段 1 1 0、反射率測定手段 1 2 0 およびデータ記憶手段 1 3 0 から構成される。

【 0 1 1 5 】

3 次元形状測定手段 1 1 0 は、3 次元形状測定装置を用いて物体の 3 次元形状を測定し、データ記憶手段 1 3 0 に出力する。例えば、特願平 1 1 - 1 2 3 6 8 7 号に記載された 3 次元形状測定装置を利用できる。この他にも様々な装置が利用可能である。

## 【 0 1 1 6 】

反射率測定手段 1 2 0 は、3 次元形状に対応する物体の表面の反射率を測定し、データ記憶手段 1 3 0 に出力する。例えば、特願平 1 1 - 1 2 3 6 8 7 号に記載された 3 次元形状測定装置を用いれば、3 次元形状と同時に当該物体の表面の色情報も測定することができる。以下、この色情報を反射率に代用する。例えば、物体の全体に一樣に光が当たるような影のできにくい照明条件の下で撮影した画像は、その輝度値が反射率にほぼ比例しているとみなせることを利用する。

## 【 0 1 1 7 】

具体的方法としては、登録する物体前方に半球型のやぐらを設置し、適当な数のランプを取り付ける。そして、全てのランプを同時に点灯させて画像を撮影する。この他にも光を拡散させ、一樣に光を物体に当てるために、反射板を用いるなど種々の方法が利用可能である。

## 【 0 1 1 8 】

データ記憶手段 1 3 0 は、登録された各物体の 3 次元形状データおよび反射率を記憶保持する。登録されたデータは、照合手段 2 0 0 における照合処理のために適時読み出される。

## 【 0 1 1 9 】

照合手段 2 0 0 は、撮影手段 2 1 0、位置姿勢推定手段 2 2 0、照明補正手段 2 3 0、画像比較手段 2 4 0 および照合判定手段 2 5 0 から構成される。

## 【 0 1 2 0 】

撮影手段 2 1 0 は、カメラやビデオカメラ等の撮像装置を用いて照合対象となる物体を撮影し、入力画像として位置姿勢推定手段 2 2 0、照明補正手段 2 3 0 および画像比較手段 2 4 0 に出力する。

## 【 0 1 2 1 】

位置姿勢推定手段 2 2 0 は、入力画像を撮影したときの撮影条件である物体の位置姿勢や撮像装置のパラメタ等を推定する。例えば、位置姿勢パラメタとして物体の平行移動距離 ( $T_x$ ,  $T_y$ ,  $T_z$ )、回転角度 ( $R_x$ ,  $R_y$ ,  $R_z$ )、カメラの焦点距離  $f$ 、視野角  $\alpha$  を用いる。位置姿勢推定手段 2 2 0 は、これらのパラメタを利用者が画面を見ながら手動で調整できるような対話型のインターフェー

スを備える。

【 0 1 2 2 】

例えば、画面には上述した 8 つの位置姿勢パラメタを用いてコンピュータグラフィックスにより生成された照合対象物体の画像と、入力画像とがスーパーインポーズ法により重ね合わされて表示される。利用者は 2 つの画像がぴったり重なるように当該 8 つのパラメタの値を調節し、適切なパラメタを決定する。この対話型のインタフェースは一例であり、様々な形態のものが利用可能である。また、このような対話型インタフェースを用いなくとも、自動的に位置姿勢パラメタの計算を行ってもよい。

【 0 1 2 3 】

自動で位置姿勢の推定を行う方法の一例としては、様々な位置姿勢での照合対象物体の CG 画像を生成し、各 CG 画像を入力画像と比較し、最も近似する画像を求めることで位置姿勢や撮像装置のパラメタを決定する方法が利用できる。

【 0 1 2 4 】

照明補正手段 2 3 0 は、位置姿勢推定手段 2 2 0 により決定されたパラメタを利用して、入力画像と同じ位置姿勢にあって、最も近い照明条件の画像を比較画像として生成する。以下、照明補正処理について詳細に説明する。

【 0 1 2 5 】

物体表面の反射率特性として完全散乱面を仮定し、物体形状が凸であり他の部分による光源の遮蔽によって生じる影がなく、光源が無限遠にあるとすれば、画像の各画素 (u, v) の輝度値 I (u, v) は、画素に対応している反射率 B (u, v)、法線方向ベクトル N (u, v)、各照明の強度  $l_i$ 、方向ベクトル  $L_i$  により以下に示す [式 1] でモデル化できる。

【 0 1 2 6 】

【数 1】

$$I(u, v) = B(u, v) \max\left(\sum_i (l_i \vec{L}_i \cdot \vec{N}(u, v)), 0\right) \cdots \text{(式 1)}$$

【 0 1 2 7 】

ここで、max ( ) の効果を見れば、照明が複数ある場合などを含め、任

意の照明条件は以下に示す〔式 2〕のように 1 つの照明ベクトル  $\vec{L}$  であらわすことができる。

【 0 1 2 8 】

〔数 2〕

$$I(u, v) = B(u, v) \vec{N}(u, v) \cdot \vec{L} \quad (\vec{L} = \sum_i l_i \vec{L}_i) \quad \dots \text{ (式 2)}$$

【 0 1 2 9 】

したがって、照明変動により生成される物体の画像の自由度は、ベクトル  $\vec{L}$  の次元、すなわち高々 3 次元になるが、実際には、max ( ) の効果や、物体の他の部分により光源が遮蔽されて影ができること、および反射特性が完全散乱面でないことなどによる効果があるのでこれよりも高次元となる。しかしながら、大部分が 3 次元の部分空間であらわすことができることから、実際の画像変動も低次元の部分空間として十分近似できる。以下、この低次元の部分空間を各物体の照明変動空間と呼ぶ。

【 0 1 3 0 】

照明変動空間の基底ベクトルを得るために、主成分分析を用いる。照明変動により生成される対象物体の画像（以下では照明変動画像と呼ぶ）を多数用意し、照明条件の変動によってできる画像全体の集合を近似する。照明変動画像群の各画像は、単一の無限遠にある点光源のもとでの画像とし、光源の方向を入力画像の撮影時の照明条件として考えられる全ての方向を包含するように適当な間隔で設定した多数の画像を用意する。複数の照明の下での画像は単一の照明の画像の和でかけるので、単一照明下の画像のみで十分である。照明変動画像群の生成には、データ記憶手段 1 3 0 に登録されている 3 次元形状データおよび表面の反射率データを用いる。

【 0 1 3 1 】

その生成手法の一例としてコンピュータグラフィックスの基本機能を利用する方法がある。コンピュータグラフィックスの機能については文献（「OpenGL プログラミングガイド」, Mason Woo, Jackie Neider, Tom Davis, アジソン・ウェスレイ・パブリシャーズ・ジャパン）に詳しく述べられている。コンピュータに標準

的に備わっている機能としては、物体の表面の反射特性を完全散乱モデルとし、陰影だけを生成するものが多いが、本実施の形態においては、実際の物体表面の反射特性にできるだけ近い反射モデルを使用し、鏡面反射なども考慮することや、陰影だけでなく光線追跡の技術を用いて影を再現するなど、できるだけ現実に近い画像を生成できるようにする。

## 【0132】

以上述べたように画像生成にコンピュータグラフィックスの機能を利用するのは一例であり、数値計算により照合に必要な画素について輝度値を計算することで画像を生成することも、もちろん可能である。

## 【0133】

以下、画像全体のうち照合に用いる領域にある画素の輝度値を縦に並べたベクトルで画像をあらわす。照明変動画像群の画像がN個のとき、各画像をベクトル  $K_i$  ( $i = 1, 2, \dots, N$ ) であらわすと、Vは以下に示す【式3】であらわされる。

## 【0134】

【数3】

$$S = [\vec{K}_1 \quad \vec{K}_2 \quad \dots \quad \vec{K}_N]$$

$$V = \frac{1}{N} S S^T \quad \dots \quad (\text{式3})$$

## 【0135】

次に、Vの各固有値  $\sigma_i$  と固有ベクトル  $B_i$  を固有値の大きい順にM個まで求める。そして、物体jの照明変動空間をベクトル  $B_i$  を基底とするM次元線形空間  $\Psi_j$  で近似する。ここで照明変動空間の次元Mは、照明補正処理に必要とされている精度との兼ね合いで決めることができる。M個の固有ベクトルを使った場合、その固有値の累積寄与率が以下に示す【式4】で計算できる。

## 【0136】

【数 4】

$$\frac{\sum_{i=1}^M \sigma_i}{\sum_{i=1}^N \sigma_i} \times 100 \text{ [%]} \quad \dots \text{ (式 4)}$$

【0 1 3 7】

累積寄与率は、輝度値の差を用いて画像の誤差を評価したときに、照明変動空間がどの程度正確に照明変動画像群を表現できるかを表す数値である。この値に対して閾値を定めておけば、その閾値を上回るのに必要な次元数としてMを自動的に決定することができる。

【0 1 3 8】

図 3 は、照明補正手段 2 3 0 の機能の詳細な構成および処理の流れを示すブロック図である。照明補正手段 2 2 0 は、照明条件変化手段 2 3 1、画像生成手段 2 3 2、照明変動空間生成手段 2 3 3 および照明条件推定手段 2 3 4 から構成される。

【0 1 3 9】

照明条件変化手段 2 3 1 は、物体の照明変動空間を近似するのに十分な数の照明条件を設定する。例えば、無限遠にある一つの点光源を考え、図 4 に示すような物体を中心とした球面の経度、緯度をあらわす ( $\theta$ ,  $\phi$ ) の角度で光源の方向を示すとし、 $\theta$  と  $\phi$  を  $10^\circ$  おきに  $-90^\circ$  から  $90^\circ$  まで変化させ、361種類の照明条件群を設定する。この光源の種類、照明方向の設定間隔や範囲の決め方は一例であり、種々変更可能である。

【0 1 4 0】

画像生成手段 2 3 2 は、データ記憶手段 1 3 0 から照合対象である物体 j の 3 次元形状と反射率を読み込み、位置姿勢推定手段 2 2 0 から入力される位置姿勢パラメタと、照明条件変化手段 2 3 1 から入力される照明条件群とを利用して、照明変動画像群を、コンピュータグラフィックスの機能を使って生成する。

【0 1 4 1】

この処理は、グラフィックス機能を備えたコンピュータの基本機能をもって実現できる。コンピュータグラフィックスを用いた画像生成においては様々な物体

表面の反射モデル、カメラモデル等を使うことができる。カメラモデルとしてピンホールカメラモデル、物体表面の反射モデルとして完全散乱モデルを用いることができる。これらのモデルは一例であり、光線追跡処理を行って影をつけたり、てかりをつけるために他の様々な反射モデルを用いることもできる。

## 【 0 1 4 2 】

この画像生成処理において、物体表面の反射特性や光源、カメラのモデルをより現実に近い正確なものとするこことで、照合性能を向上させることができる。また、この画像生成はコンピュータグラフィックスを用いなくとも、数値計算によっても実現可能である。

## 【 0 1 4 3 】

照明変動空間生成手段 2 3 3 は、画像生成手段 2 3 2 で生成された照明変動画像群から照明変動空間を〔式 3〕にしたがって計算し、計算された基底ベクトル群を物体の照明変動画像空間（基底ベクトル群） $\Psi_j$  として照明条件推定手段 2 3 4 に出力する。本実施の形態においては、固有値の大きい順に M 個の基底ベクトルを求め、 $\Psi_j$  として出力する。この基底ベクトルの数 M を一例として〔式 4〕で計算される累積寄与率が 9 5 % を超える数として決定するには、照明変動画像群の画像の数に等しい 3 6 1 または画素数がそれ以下である場合、画素数の数を N とし、N 個の固有値を求め、以下に示す〔式 5〕となる数 M を求めて決定する。

## 【 0 1 4 4 】

〔数 5〕

$$\frac{\sum_{i=1}^M \sigma_i}{\sum_{i=1}^{361} \sigma_i} \geq 0.95 \quad \dots (式 5)$$

## 【 0 1 4 5 】

M の決定法は他にも様々な基準を適用して決定することが可能である。

## 【 0 1 4 6 】

照明条件推定手段 2 3 4 は、以下に示す〔式 6〕によって、入力画像を用いて照明変動画像空間  $\Psi_j$  内にあって入力画像に最も近い画像を比較画像として生成



し、画像比較手段 2 4 0 に出力する。

【 0 1 4 7 】

【数 6】

$$\vec{I}_c = \sum_{i=1}^n (\vec{I}_q \cdot \vec{B}_i) \vec{B}_i \quad \dots (式 6)$$

【 0 1 4 8 】

画像比較手段 2 4 0 は、入力画像と生成された比較画像との類似度の評価値を算出する。評価値の計算方法には様々な技術が利用できるが、その一例としては、以下に示す [式 7] のように画像の各画素の輝度値の差の二乗和などを用いることができる。

【 0 1 4 9 】

【数 7】

$$D = |\vec{I}_q - \vec{I}_c|^2 \quad \dots (式 7)$$

【 0 1 5 0 】

この他に、文献（「コンピュータによる顔の認識--サーベイ--」，電子情報通信学会論文誌 D-II, Vol. J80-D-II, No. 8, pp. 2031--2046, 1997）に詳しく述べられているような技術も利用可能である。

【 0 1 5 1 】

照合判定手段 2 5 0 は、計算された評価値を閾値処理して照合対象物体であるか否かの照合を行う。

【 0 1 5 2 】

物体の照合処理は、入力画像ベクトル  $\vec{I}_q$  と照合対象物体の照明変動空間の距離を尺度として行うことができる。この距離は照明変動空間  $\Psi_j$  内にあって、最も入力画像に近い画像ベクトル  $\vec{I}_c$  と入力画像との間の距離として計算できる。距離の尺度としては様々なものが利用可能であるが、ここでは輝度値の 2 乗誤差を直接用いる例をもって説明する。

## 【 0 1 5 3 】

この距離尺度を用いる場合には、 $\Psi_j$  内でもっともベクトル  $I_q$  に近い画像ベクトル  $I_c$  は [式 6] で生成できる。

## 【 0 1 5 4 】

比較画像ベクトル  $I_c$  と入力画像ベクトル  $I_q$  との距離  $D$  (輝度値の差の 2 乗和) は [式 7] で計算できる。

## 【 0 1 5 5 】

この値  $D$  を入力画像と登録データとの類似度の評価値とし、これに基づいて、対象物体であるか否かの確認、登録されているどの物体であるかの検索、登録されている物体のうち近似する物体の検索、等の判定処理を行う。例えば、簡単な閾値処理で対象物体であるかの確認を行う場合は、ある閾値  $D'$  を定めておき、 $D < D'$  であれば対象物体であると決定する。

## 【 0 1 5 6 】

また、複数の物体が登録されている場合には、照明補正手段 2 3 0 による比較画像の生成から画像比較手段 2 4 0 による評価値の算出までの処理を複数回行い、どの物体に最も近似するかの検索を行うこともできる。また、登録されている物体の内、ある一定以上の評価値を持っている物体として、近似する物体の検索を行うこともできる。

## 【 0 1 5 7 】

## (第 2 の実施の形態)

次に、本発明の第 2 の実施の形態について図 6 と図 7 を参照して詳細に説明する。図 6 は、第 2 の実施の形態における画像照合装置の構成および処理の流れを示すブロック図である。本実施の形態は、第 1 の実施の形態と比較し、反射率測定手段 1 2 0 において反射率を測定する代わりに、複数の照明条件下で画像を撮影しておき、それらの画像を反射率の代わりに用いて照明変動画像群を生成する点、および照明条件変化手段 2 3 1 がない点が異なる。

## 【 0 1 5 8 】

本実施の形態は、照合対象物体の画像の照明条件による変動を包含する照明変動空間を生成するのに十分なサンプル画像が生成できるだけの適当な数の照明条

件を設定し、その照明条件の下で画像情報を撮影しておけば、反射率を測定したりコンピュータグラフィックスによる画像生成における照明条件の設定や光線追跡による影の生成などの処理を行わなくても、照明変動空間を生成するためのサンプル画像が生成できることを特徴とする。

#### 【 0 1 5 9 】

サンプル画像として使用されるテクスチャ画像撮影処理に用いることのできる方法の一例として次のような方法がある。登録する物体前方に半球型のやぐらを設置し、一様な間隔で適当な数のランプを取り付ける。そして、各ランプを点灯させながら画像を撮影するというものである。この他にもランプをマニピュレータに取り付けて移動させながら画像を撮影するなど様々な方法が利用可能である。

#### 【 0 1 6 0 】

本実施の形態においては、撮影された複数のテクスチャ画像群が 3 次元形状データと合わせて登録データとして記憶される。そして、照合過程において、照明条件変化処理を行わず、記憶されているテクスチャ画像群を順次読み出し、位置姿勢推定処理において推定された位置姿勢にあつて、物体表面の輝度値が各テクスチャ画像に等しいような画像をコンピュータグラフィックスにより生成し、サンプル画像として出力する。以下、具体的に説明する。

#### 【 0 1 6 1 】

登録手段 2 1 0 0 において、物体の照合に用いる登録データとして、物体の 3 次元形状と、複数の照明条件のもとでの画像データ（テクスチャ画像）を登録しておく。登録手段 2 1 0 0 は、3 次元形状測定手段 2 1 1 0、テクスチャ画像撮影手段 2 1 2 0 およびデータ記憶手段 2 1 3 9 0 から構成される。

#### 【 0 1 6 2 】

3 次元形状測定手段 2 1 1 0 は、特願平 1 1 - 1 2 3 6 8 7 号に記載されているような 3 次元形状測定装置を用いて物体の 3 次元形状を測定し、データ記憶手段 2 1 3 0 に出力する。

#### 【 0 1 6 3 】

テクスチャ画像撮影手段 2 1 2 0 は、第 1 の実施の形態の照明条件変化手段 2

3 1 から出力される照明条件と同等な照明条件を実際に設定して、物体の画像を撮影する。例えば、物体前方に物体を中心とした半球型のやぐらを設置し、適当な間隔で適当な数のランプを取り付ける。一例としては、物体に対して図 4 に示す角度 ( $\theta$ ,  $\phi$ ) において、 $\theta$ ,  $\phi$  について  $-90^\circ$  から  $90^\circ$  までの範囲でそれぞれ  $15^\circ$  間隔にランプを取り付け、各ランプを点灯させながら 1 枚ずつ画像を撮影する。この撮影方法および照明位置の設定方法は一例であり、この他にもランプをマニピュレータに取り付けて移動させながら画像を撮影するなど様々な方法が利用可能である。これらの方法により撮影した画像群をテクスチャ画像群としてデータ記憶手段 2 1 3 0 に出力する。

## 【0 1 6 4】

データ記憶手段 2 1 3 0 は、3 次元形状測定手段 2 1 1 0 から入力された各物体の 3 次元形状と、テクスチャ画像撮影手段 2 1 2 0 から入力されたテクスチャ画像群を記憶保持する。登録されたデータは、照合手段 2 2 0 0 における照合処理のため適時読み出される。

## 【0 1 6 5】

照合手段 2 2 0 0 は、撮影手段 2 2 1 0、位置姿勢推定手段 2 2 2 0、照明補正手段 2 2 3 0、画像比較手段 2 2 4 0 および照合判定手段 2 2 5 0 から構成される。

## 【0 1 6 6】

撮影手段 2 2 1 0 は、カメラやビデオカメラ等の撮像装置を用いて照合対象となる物体を撮影し、入力画像として位置姿勢推定手段 2 2 2 0、照明補正手段 2 2 3 0 および画像比較手段 2 2 4 0 に出力する。

## 【0 1 6 7】

位置姿勢推定手段 2 2 2 0 は、入力画像を撮影したときの撮影条件である物体の位置姿勢や撮像装置のパラメタ等を推定する。例えば、位置姿勢パラメタとして物体の平行移動距離 ( $T_x$ ,  $T_y$ ,  $T_z$ )、回転角度 ( $R_x$ ,  $R_y$ ,  $R_z$ )、カメラの焦点距離  $f$ 、視野角  $\alpha$  を用いる。位置姿勢推定手段 2 2 2 0 は、これらのパラメタを利用者が画面を見ながら手動で調整できるような対話型のインタフェースを備える。

## 【 0 1 6 8 】

本実施の形態の照明補正手段 2 2 0 0 は、第 1 の実施の形態における照明条件変化手段 2 3 1 がなく、画像生成手段 2 2 3 2 において、テクスチャ画像撮影手段 2 1 2 0 において撮影したテクスチャ画像群をそのまま物体表面の輝度値として用いることで照明変動画像群を生成する点が異なっている。

## 【 0 1 6 9 】

図 7 は、本実施の形態における照明補正手段 2 2 3 0 の構成および処理の流れを示すブロック図である。照明補正手段 2 2 3 0 は、画像生成手段 2 2 3 2、照明変動空間生成手段 2 2 3 3 および照明条件推定手段 2 2 3 4 から構成される。

## 【 0 1 7 0 】

画像生成手段 2 2 3 2 は、データ記憶手段 2 1 3 0 から照合対象である物体  $j$  の 3 次元形状とテクスチャ画像群を読み込み、位置姿勢推定手段 2 2 2 0 から与えられた位置姿勢パラメタと、当該テクスチャ画像群の各テクスチャ画像を用いて、照明変動画像群をコンピュータグラフィックスの機能を使って生成する。この処理は、グラフィックス機能を備えたコンピュータの基本機能であるテクスチャマッピングの技術を利用する。本実施の形態においては様々なカメラモデルを利用することができ、その一例としては、ピンホールカメラモデルを用いることができる。第 1 の実施の形態と異なり、テクスチャ画像は現実に撮影された画像であるので、第 1 の実施の形態のようにコンピュータグラフィックスの技術によって影やてかりを生成する必要はない。

## 【 0 1 7 1 】

照明変動空間生成手段 2 2 3 3 は、画像生成手段 2 2 3 2 で生成された照明変動画像群から照明変動空間を [式 3] にしたがって計算し、計算された基底ベクトル群を物体の照明変動画像空間（基底ベクトル群） $\Psi_j$  として照明条件推定手段 2 2 3 4 に出力する。

## 【 0 1 7 2 】

照明条件推定手段 2 2 3 4 は、[式 6] によって、入力画像を用いて照明変動画像空間  $\Psi_j$  内にあって入力画像に最も近い画像を比較画像として生成し、画像

比較手段 2 2 4 0 に出力する。

【 0 1 7 3 】

画像比較手段 2 2 4 0 は、入力画像と生成された比較画像との類似度の評価値を算出する。

【 0 1 7 4 】

照合判定手段 2 2 5 0 は、計算された評価値を閾値処理して照合対象物体であるか否かの照合を行う。また、複数の物体が登録されている場合には、照明補正手段 2 2 3 0 による比較画像の生成から画像比較手段 2 2 4 0 による評価値の算出までの処理を複数回行い、どの物体に最も近似するかの検索を行うこともできる。また、登録されている物体のうちある一定以上の評価値を持っている物体として、近似する物体の検索を行うこともできる。

【 0 1 7 5 】

本実施の形態によれば、反射率の代わりにテクスチャ画像群を実際に撮影して画像データとして、データ記憶手段 2 1 3 0 に登録するため、第 1 の実施の形態と比較して、データ登録段階における作業が煩雑となる。しかしながら、照明補正処理において、実際に撮影されたテクスチャ画像群を使用するため、低次元空間に近似させるための数値計算や、コンピュータグラフィックスの技術によって影やてかりをつける処理を省略できることから、照合処理時間を短縮することができる。

【 0 1 7 6 】

（第 3 の実施の形態）

次に、本発明の第 3 の実施の形態について詳細に説明する。図 8 は、本実施の形態における画像照合装置の構成および処理の流れを示すブロック図である。本実施の形態は、第 1 の実施の形態と比較して、複数の物体を登録する場合に 3 次元形状測定手段 3 1 1 0 において全ての物体の 3 次元形状を測定する代わりに、1 つないし少数の 3 次元形状を計測するだけで、平均形状生成手段 3 1 5 0 において当該 1 つないし少数の 3 次元形状の平均となる 3 次元形状 1 つを出力し、照合対象となる全ての物体の形状は計測しない点、および照合手段 3 2 0 0 において当該平均の 3 次元形状を利用する点が異なる。

## 【 0 1 7 7 】

本実施の形態は、特に互いに形状が類似している物体の場合には、全ての物体の 3 次元形状を測定しなくても、代表的な形状データを代わりに用いることで、位置姿勢推定処理および照明補正処理を行うことができることを利用している。

## 【 0 1 7 8 】

登録手段 3 1 0 0 は、3 次元形状測定手段 3 1 1 0、平均形状生成手段 3 1 5 0、反射率測定手段 3 1 2 0 およびデータ記憶手段 3 1 3 0 から構成される。

## 【 0 1 7 9 】

3 次元形状測定手段 3 1 1 0 は、特願平 1 1 - 1 2 3 6 8 7 号に記載されているような 3 次元形状測定装置を用いて、物体 1 と物体 2 の 3 次元形状を測定する。

## 【 0 1 8 0 】

平均形状測定手段 3 1 5 0 は、図 9 (a) に示すように、2 つの物体形状を重心を一致させるように平行移動し、図 9 (a) の Z 軸に垂直な断面を適当な間隔で設定し、それぞれの断面上で平均形状を計算する。図 9 (b) に示すように、断面上で重心から物体の外側に向かって平均計算軸となる直線を考え、物体 1、物体 2 の形状との交点を点  $P_1$ 、 $P_2$  とする。平均形状である点  $P_m$  の 3 次元座標は、二つの物体表面上の点  $P_1$ 、 $P_2$  の 3 次元座標  $(x_1, y_1, z_1)$ 、 $(x_2, y_2, z_2)$  を平均した以下に示す [式 8] とする。

## 【 0 1 8 1 】

【数 8】

$$\left( \frac{x_1 + x_2}{2}, \frac{y_1 + y_2}{2}, \frac{z_1 + z_2}{2} \right) \quad \dots (式 8)$$

## 【 0 1 8 2 】

この処理を平均計算軸を重心の周りを回転させながら適当な間隔で行うことにより、物体 1 と物体 2 の平均形状を生成できる。該生成した平均形状をデータ記憶手段 3 1 3 0 に出力する。

## 【 0 1 8 3 】

反射率測定手段 3 1 2 0 は、物体 1、物体 2 それぞれの 3 次元形状に対応する表面の反射率を測定する。特願平 1 1 - 1 2 3 6 8 7 号に記載されたような 3 次元形状測定装置を用いれば、3 次元形状と同時に表面の色情報を測定することができる。以下ではこの色情報を反射率に代用する。平均形状の各点とここで測定した各物体の色情報の対応は、次のようにして決定できる。すなわち、平均形状  $P_m$  の 3 次元座標を計算する際に用いた物体 1、物体 2 の 3 次元形状データをそれぞれ  $P_1$ 、 $P_2$  とすれば、平均形状  $P_m$  に対応する物体 1 の反射率データは  $P_1$  に対応する反射率であり、平均形状  $P_m$  に対応する物体 2 の反射率は  $P_2$  に対応する反射率となる。

## 【 0 1 8 4 】

データ記憶手段 3 1 3 0 は、3 次元形状測定手段 3 1 1 0 より入力される平均形状データと、反射率測定手段 3 1 2 0 より入力される物体 1、物体 2 のそれぞれの反射率を記憶する。

## 【 0 1 8 5 】

照合手段 3 2 0 0 における処理は、物体 1、物体 2 の形状としてデータ記憶手段 3 1 3 0 から読み出される 3 次元形状が平均形状に代わった点が第 1 の実施の形態と異なり、他の処理は全て同様である。

## 【 0 1 8 6 】

以上、本実施の形態では 2 個の物体を登録する際にその平均形状を記憶する実施の形態を説明したが、これはあくまで一例であり、物体の数が 3 個以上になったり、そのうち任意の数の物体の平均形状を求めて利用することも同様の処理により可能である。

## 【 0 1 8 7 】

## (第 4 の実施の形態)

次に、本発明の第 4 の実施の形態について詳細に説明する。本実施の形態では照合対象物体の一例として人の顔を用いる。図 1 0 は、本実施の形態における画像照合装置の構成及び処理の流れを示すブロック図である。本実施の形態は、第 1 の実施の形態と比較し、登録手段 4 1 0 0 において、物体の画像上で輝度値が



大きく変化するなどの特徴的な点の位置を抽出し、特徴点位置として出力する特徴点位置抽出手段 4 1 4 0 が追加されている点、データ記憶手段 4 1 3 0 において物体の特徴点の位置も記憶する点、および照合手段 4 2 0 0 の位置姿勢推定手段 4 2 2 0 において、データ記憶手段 4 1 3 0 から当該特徴点位置を読み込み、物体の位置姿勢を自動的に推定する点が異なる。

#### 【0 1 8 8】

本実施の形態は、入力画像において照合対象物体の特徴点の位置を抽出し、当該特徴点の 3 次元座標を登録データから知ることができれば、当該特徴点の画像上の位置と 3 次元座標とを用いて入力画像中の物体の位置姿勢および撮像装置のパラメタを自動的に求めることができることを利用している。複数の点について画像上の位置と 3 次元座標が既知である場合に入力画像中の物体の位置姿勢および撮像装置のパラメタを自動的に求める方法としてはカメラキャリブレーションの方法が利用できる。

#### 【0 1 8 9】

すなわち、画像を比較する代わりに物体の画像上で輝度値が大きく変化する部分など、特徴的な領域や点（以下では特徴点と呼ぶ）の位置を入力画像と CG 画像から検出し、当該特徴点の位置がもっとも近くなるような CG 画像を求めることで物体の位置姿勢や撮像装置のパラメタを計算する方法である。

#### 【0 1 9 0】

また、特徴点位置を入力画像から検出し、各特徴点間の位置関係についての情報を利用して物体の位置姿勢を求める方法もある。文献（「An analyticsolution for the pose determination of human faces from a monocularimage」, Shinn-Ying Ho , Hui-Ling Huang, Pattern RecognitionLetters, Vol.19, 1045-1054, 1998）には、照合対象物体として人間の顔を用いる場合に目尻や口元といった特徴点を用い、両目の特徴点を結ぶ直線と左右の口元の特徴点を結ぶ直線が互いに平行であるなどの位置関係を利用して位置姿勢を求める方法が記述されている。以下、本実施の形態について具体的に説明する。

#### 【0 1 9 1】

登録手段 4 1 0 0 は、3 次元形状測定手段 4 1 1 0、反射率測定手段 4 1 2 0

、特徴点抽出手段4140およびデータ記憶手段4130から構成される。登録手段4100において、物体の照合に用いる登録データとして、物体の3次元形状、反射率を測定し、該3次元形状および反射率から物体の特徴点の3次元座標を求め、3次元形状、反射率または色情報、特徴点位置を登録しておく。

【0192】

3次元形状測定手段4110は、3次元形状測定装置を用いて物体の3次元形状を測定する。本実施の形態では3次元形状測定装置の一例として特願平11-123687号に記載されている3次元形状測定装置を用いるが、この他にも様々な装置が利用可能である。

【0193】

反射率測定手段4120は、3次元形状に対応する物体の表面の反射率を測定する。特願平11-123687号に記載されている3次元形状測定装置を用いれば、3次元形状と同時に表面の色情報を測定することができる。以下ではこの色情報を反射率に代用する。

【0194】

特徴点抽出手段4140は、物体の画像上で輝度値が大きく変化する部分など特徴的な領域や点（以下では特徴点と呼ぶ）の位置を検出し、その3次元座標を特徴点位置としてデータ記憶手段4130に出力する。例えば、人物の顔を照合対象物体とする場合には、目じりや口元など、反射率が大きく変化している部位や、鼻の頭など3次元形状が大きく変化している部位を検出する。これは、手動で行うことができる。また、自動的に行う方法として特許第2872776号公報「顔画像照合装置」、特開平6-168317号公報「個人識別装置」に記載の方法など様々な方法を利用できる。本実施の形態では、図12に示すような位置の12個の点（0～11）を特徴点として用いる。これらの特徴点の定義は、照合対象とする物体により様々に変更可能であることはいうまでもない。以下ではこれら特徴点の3次元座標である特徴点位置をベクトル $A_i = (x_i, y_i, z_i)$ 、 $(i = 0, 1, \dots, 11)$ であらわす。

【0195】

データ記憶手段4130は、登録された各物体の3次元形状、反射率および特

微点位置を記憶保持する。登録されたデータは、照合手段 4 2 0 0 の処理のために適時読み出される。

#### 【0 1 9 6】

照合手段 4 2 0 0 は、撮影手段 4 2 1 0、位置姿勢推定手段 4 2 2 0、照明補正手段 4 2 3 0、画像比較手段 4 2 4 0 および照合判定手段 4 2 5 0 から構成される。

#### 【0 1 9 7】

撮影手段 4 2 1 0 は、カメラやビデオカメラ等の撮像装置を用いて照合対象となる入力画像を撮影する。撮影した入力画像を位置姿勢推定手段 4 2 2 0、照明補正手段 4 2 3 0 および画像比較手段 4 2 4 0 に出力する。

#### 【0 1 9 8】

位置姿勢推定手段 4 2 2 0 は、入力画像を撮影したときの撮影条件である物体の位置姿勢や撮像装置のパラメタ等を推定する。図 1 1 に位置姿勢推定手段 4 2 2 0 の構成および処理の流れを示すブロック図を示す。位置姿勢推定手段 4 2 2 0 は、入力画像特徴点抽出手段 4 2 2 1 および位置姿勢計算手段 4 2 2 2 から構成される。

#### 【0 1 9 9】

入力画像特徴点抽出手段 4 2 2 1 は、登録手段 4 1 0 0 における特徴点抽出手段 4 1 4 0 において抽出した特徴点群ベクトル  $A_i$  と同じ特徴点の位置を入力画像から抽出し、画像上での位置ベクトル  $B_i = (u_i, v_i)$ ; ( $i = 0, 1, 2, \dots, 11$ ) を入力画像特徴点位置として位置姿勢計算手段 4 2 2 2 に出力する。これは人が処理装置の画面上に表示された入力画像を見ながら手動で入力することもできる。また、特開平 6 - 1 6 8 3 1 7 号「個人識別装置」に記載の方法など特徴点抽出手段 4 1 4 0 で用いたのと同様な方法も利用可能である。

#### 【0 2 0 0】

本実施の形態は人の顔を照合する場合を一例としてあげているが、例えば、多面体形状の物体を照合する場合には頂点が特徴点として利用でき、画像からエッジを抽出し、それらの交点として多面体の頂点を検出することができる。また、物体表面に特徴的な模様がある場合などにその模様の位置を利用することもでき

る。

#### 【 0 2 0 1 】

位置姿勢計算手段 4 2 2 2 は、入力画像特徴点抽出手段 4 2 2 1 から入力された入力画像特徴点位置と、データ記憶手段 4 1 3 0 から読み出された特徴点位置とを利用し、入力画像中にある物体の位置姿勢や撮像装置のパラメタなどを計算し、位置姿勢として照明補正手段 4 2 3 0 に出力する。この計算には文献（「An Efficient and Accurate Camera Calibration Technique for 3D Machine Vision」, Roger Y. Tsai, Proc. CVPR' 86, pp.364--374, 1986）の方法など様々な方法が利用可能である。

#### 【 0 2 0 2 】

本実施の形態では一例として位置姿勢のパラメタとして物体の平行移動距離（ $T_x$ ,  $T_y$ ,  $T_z$ ）、 $x$ ,  $y$ ,  $z$  軸の周りの回転角度（ $R_x$ ,  $R_y$ ,  $R_z$ ）、カメラの焦点距離  $f$  を、カメラモデルとしてピンホールカメラを用いて次のような方法をとる。上述したように、当該位置姿勢には、焦点距離など撮像装置のパラメタも含まれる。特徴点位置ベクトル  $A_i$  と入力画像特徴点位置ベクトル  $B_i$  の間の関係は以下に示す [式 9] であらわされる。

#### 【 0 2 0 3 】

【数 9】

$$\begin{bmatrix} u_i \\ v_i \end{bmatrix} = \frac{f}{c} \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} \quad \dots (式 9)$$

#### 【 0 2 0 4 】

ただし、ここで  $a$ ,  $b$ ,  $c$  は以下に示す [式 10] であらわされる値である。

#### 【 0 2 0 5 】

【数 1 0】

$$\begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix} = R \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} T_x \\ T_y \\ T_z \end{bmatrix} \quad \dots (式 1 0)$$

【0 2 0 6】

R は以下に示す [式 1 1] で表される回転を表す行列である。

【0 2 0 7】

【数 1 1】

$$R = \begin{bmatrix} \cos R_y \cos R_z & -\cos R_z \sin R_z + \sin R_z \sin R_y \cos R_z & \sin R_z \sin R_z + \cos R_z \sin R_y \cos R_z \\ \cos R_y \sin R_z & \cos R_z \cos R_z + \sin R_z \sin R_y \sin R_z & -\sin R_z \cos R_z + \cos R_z \sin R_y \sin R_z \\ -\sin R_y & \sin R_z \cos R_y & \cos R_z \cos R_y \end{bmatrix}$$

... (式 1 1)

【0 2 0 8】

1 2 個の各特徴点についての [式 9] で計算される値と入力画像特徴点位置誤差の総和が最小になるように、 $R_x$  ,  $R_y$  ,  $R_z$  ,  $T_x$  ,  $T_y$  ,  $T_z$  ,  $f$  を最適化計算により求める。この最適化の計算には様々な方法が利用できる。求めた  $R_x$  ,  $R_y$  ,  $R_z$  ,  $T_x$  ,  $T_y$  ,  $T_z$  ,  $f$  を位置姿勢として照明補正手段 4 2 3 0 に出力する。上述した位置姿勢パラメタやカメラモデルの定義と計算方法はあくまで一例であり、この他にも様々な方法が利用可能である。

【0 2 0 9】

照明補正手段 4 2 3 0 は、位置姿勢推定手段 4 2 2 0 により決定されたパラメタを利用して、入力画像と同じ位置姿勢にあって、最も近い照明条件の画像を比較画像とする。

【0 2 1 0】

画像比較手段 4 2 4 0 は、入力画像と生成された比較画像との類似度の評価値を算出する。評価値の計算方法には様々な技術が利用できるが、その一例としては、[式 7] のように画像の各画素の輝度値の差の二乗和などを用いることができる。

#### 【 0 2 1 1 】

照合判定手段 4 2 5 0 は、計算された評価値を閾値処理して照合対象物体であるか否かの照合を行う。また、複数の物体が登録されている場合には、照明補正手段 4 2 3 0 による比較画像の生成から画像比較手段 4 2 4 0 による評価値の算出までの処理を複数回行い、どの物体に最も近似するかの検索を行うこともできる。また、登録されている物体のうちある一定以上の評価値を持っている物体として、近似する物体の検索も行うこともできる。

#### 【 0 2 1 2 】

##### (第 5 の実施の形態)

次に、本発明の第 5 の実施の形態について詳細に説明する。本実施の形態においては、登録される物体が工業製品などであり、その形状の設計図が C A D データとして保存されており、表面の塗装の仕様がデザイン図によって決められているとする。本実施の形態は、第 1 の実施の形態と比較し、3 次元形状測定手段 1 1 0 において、設計図の C A D データから 3 次元形状を、反射率測定手段 1 2 0 においてデザイン図から反射率を読み込む点が異なる。照合対象となる物体が工業製品など設計図の存在する物体である場合や、建築物など 3 次元形状の測定が一般の 3 次元形状計測装置では困難であり、別途測量等を行い形状を測定する場合等に適用するとよい。

#### 【 0 2 1 3 】

3 次元形状測定手段 1 1 0 は、設計図の C A D データを、照合手段 2 0 0 で扱えるデータ形式に変換して 3 次元形状としてデータ記憶手段 1 3 0 に出力する。

#### 【 0 2 1 4 】

反射率測定手段 1 2 0 は、デザイン図から物体の各部の色、表面の仕上げの方法などを読み込み、反射率に変換してデータ記憶手段 1 3 0 に出力する。

## 【 0 2 1 5 】

データ記憶手段 1 3 0 は、3 次元形状測定手段 1 1 0 から入力された 3 次元形状データと、反射率測定手段 1 2 0 から入力された反射率とを記憶する。

## 【 0 2 1 6 】

照合手段 2 0 0 については第 1 の実施の形態と全く同等である。

## 【 0 2 1 7 】

本発明は上述した実施の形態において述べたように、一般の物体に対して応用可能である。特に、本発明は自動車の車種・型式の照合、人物の顔の照合などへの応用に有効である。

## 【 0 2 1 8 】

以上、本発明の実施の形態を図面に基づき具体的に説明したが、本発明はこれらの実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々変更可能である。また、本発明をコンピュータプログラムによって実現することももちろん可能である。

## 【 0 2 1 9 】

## 【発明の効果】

以上の説明から明らかなように、本発明によれば、登録手段でのみ物体の 3 次元形状と表面の反射率または適当な照明条件下での画像を計測すればよく、照合手段における撮像手段としてはビデオカメラなどの通常の 2 次元画像を撮影する撮像装置があるだけで十分であり、照合段階において 3 次元形状測定装置を必要とせずに実用的な装置を構成できる。

## 【 0 2 2 0 】

また、3 次元形状が登録されているので、入力画像における物体の 3 次元的位置姿勢の変動に対して完全に補正することができる。また、対象物体の表面の反射特性が完全散乱面でないものについても適用でき、物体の他の部分による光源の遮蔽により発生する影やてかりなどに対しても適用できるため、照明条件の変動に対しても十分な補正を行うことができる。したがって、上記 Illumination Subspace Method、Sampling Method よりもさらに広い範囲の一般的な物体の照合に適用することができる。

【 0 2 2 1 】

また、照合段階において、照明変動画像群を登録されている 3 次元形状と反射率とを用いて自動的に生成できるため、登録処理において多数の画像を撮影する必要がなく、簡便に行うことができる。また、累積寄与率判定を用いて、照明変動空間の近似として十分な部分空間の次元数を求めることができるので、画像照合の精度をあまり落とすことなく、計算量を大幅に削減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 の実施の形態における画像照合装置処理の構成および処理の流れを示したブロック図である。

【図 2】

本発明の第 1 の実施の形態における構成図である。

【図 3】

本発明の第 1 の実施の形態における照明補正手段 2 3 0 の構成および処理の流れを示したブロック図である。

【図 4】

照明条件を決める照明の物体に対する方向を表す角度を説明した図である。

【図 5】

画像を利用した物体照合装置の一例を示した図である。

【図 6】

本発明の第 2 の実施の形態における画像照合装置の構成および処理の流れを示したブロック図である。

【図 7】

本発明の第 2 の実施の形態における照明補正 2 2 3 0 の構成および処理の流れを示したブロック図である。

【図 8】

本発明の第 3 の実施の形態における画像照合装置の構成および処理の流れを示したブロック図である。

【図 9】



平均形状の生成方法を説明した図である。

【図 1 0】

本発明の第 4 の実施の形態における画像照合装置の構成および処理の流れを示したブロック図である。

【図 1 1】

本発明の第 4 の実施の形態における位置姿勢推定手段 4 2 2 0 の構成および処理の流れを示したブロック図である。

【図 1 2】

対象物体の特徴点として用いる物体の部位の一例を示した図である。

【図 1 3】

従来技術における画像照合技術の一例として、登録時と照合時でともに 2 次元の画像のみを用いる技術の構成を説明したブロック図である。

【図 1 4】

従来技術における画像照合技術の一例として、登録時と照合時でともに 3 次元形状を測定する技術の構成を説明したブロック図である。

【図 1 5】

従来技術における画像照合技術の一例として、登録時と照合時でともに 2 次元の画像を撮影し、位置姿勢の補正に標準 3 次元形状を用いる技術の構成を説明したブロック図である。

【図 1 6】

従来技術における画像照合技術の一例として、登録時に多数の位置姿勢条件で画像を撮影し認識を行う技術の構成を説明したブロック図である。

【図 1 7】

従来技術における画像照合技術の一例として、登録時に複数の照明条件で 2 次元の画像を撮影し、照明条件補正を行う技術の構成を説明したブロック図である。

【図 1 8】

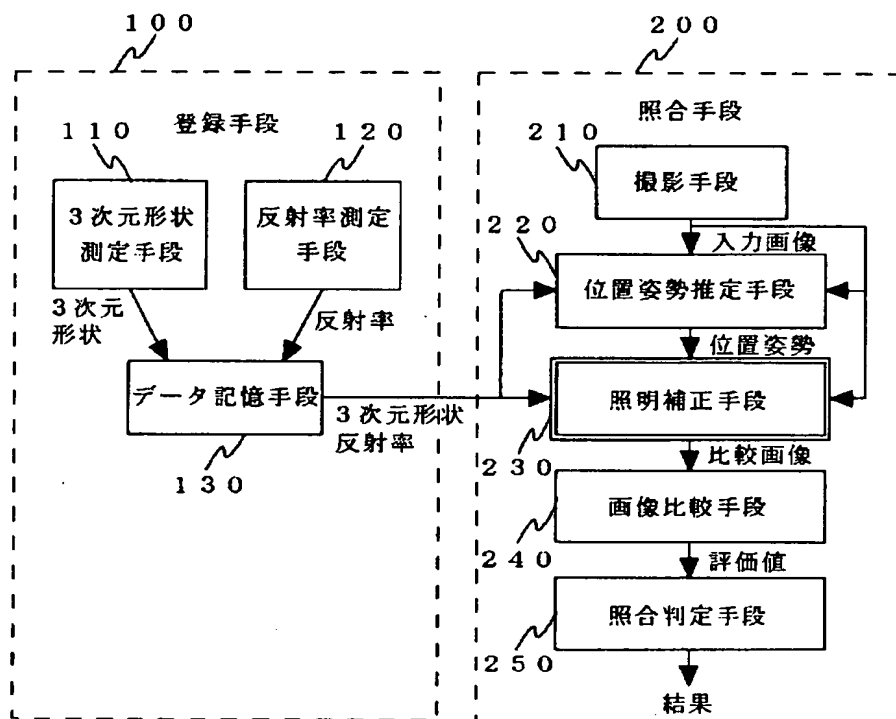
従来技術における画像照合技術の一例として、登録時に複数の照明条件で 2 次元の画像を撮影し、照明条件補正を行う技術の構成を説明したブロック図である。

【符号の説明】

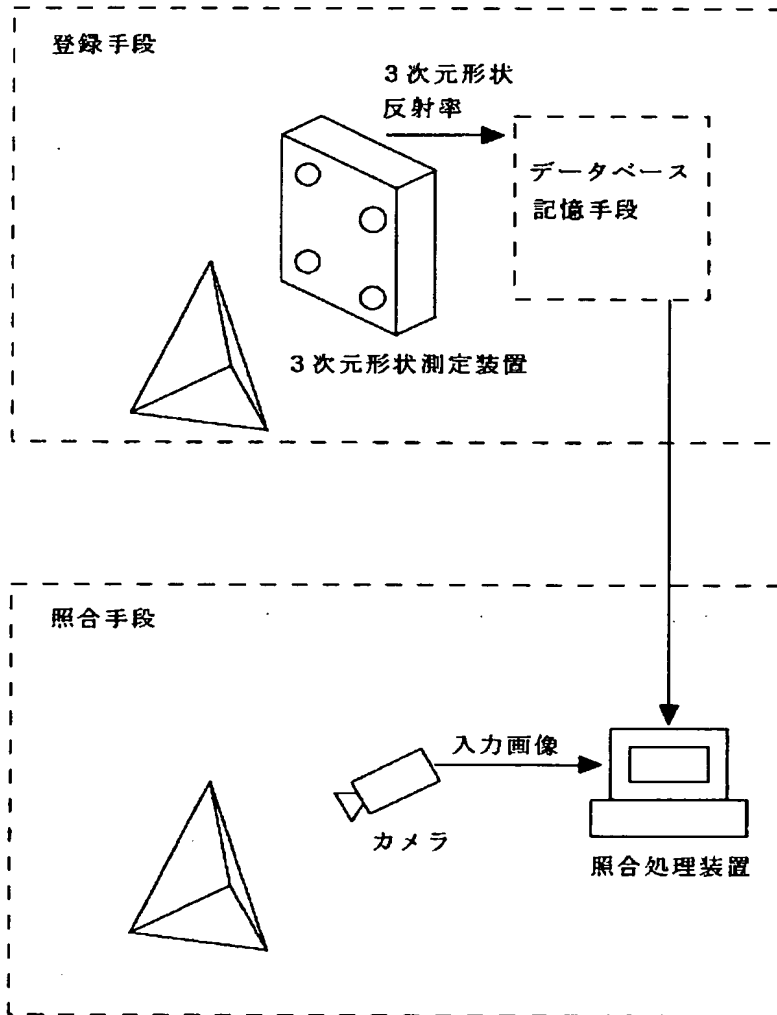
- 1 0 0 登録手段
- 1 1 0 3次元形状測定手段
- 1 2 0 反射率測定手段
- 1 3 0 データ記憶手段
- 2 0 0 照合手段
- 2 1 0 撮影手段
- 2 2 0 位置姿勢推定手段
- 2 3 0 照明補正手段
- 2 3 1 照明条件変化手段
- 2 3 2 画像生成手段
- 2 3 3 照明変動空間生成手段
- 2 3 4 照明条件推定手段
- 2 4 0 画像比較手段
- 2 5 0 照合判定手段

【書類名】 図面

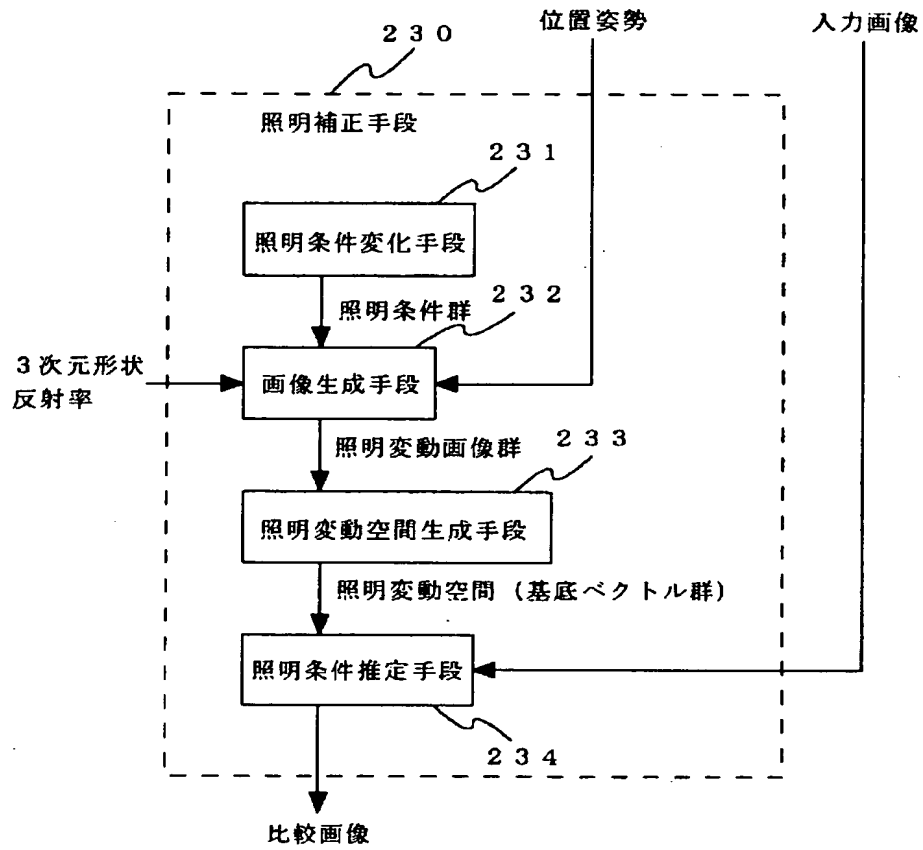
【図 1】



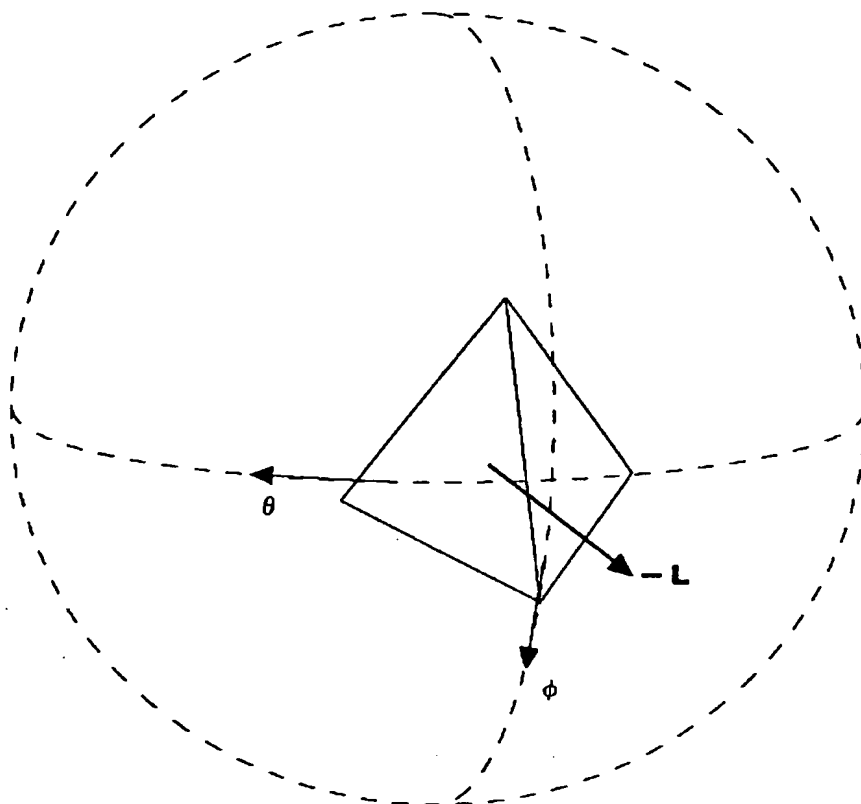
【図 2】



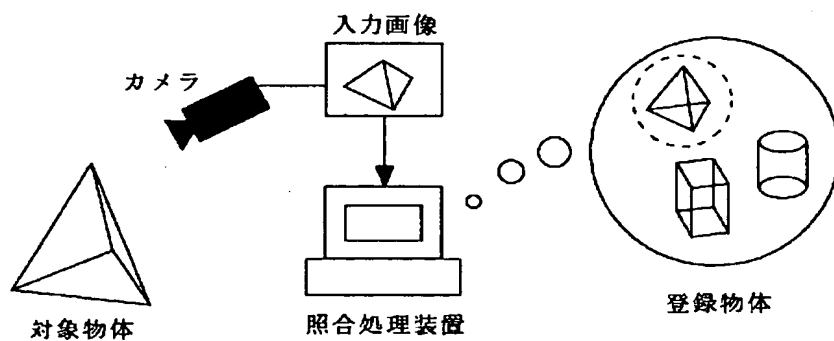
【図 3】



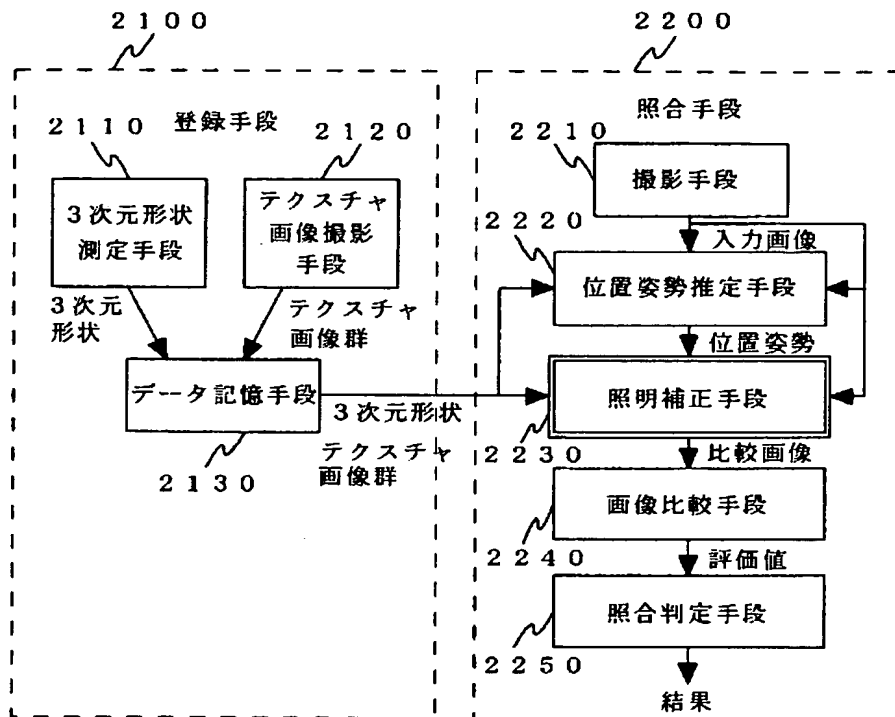
【図4】



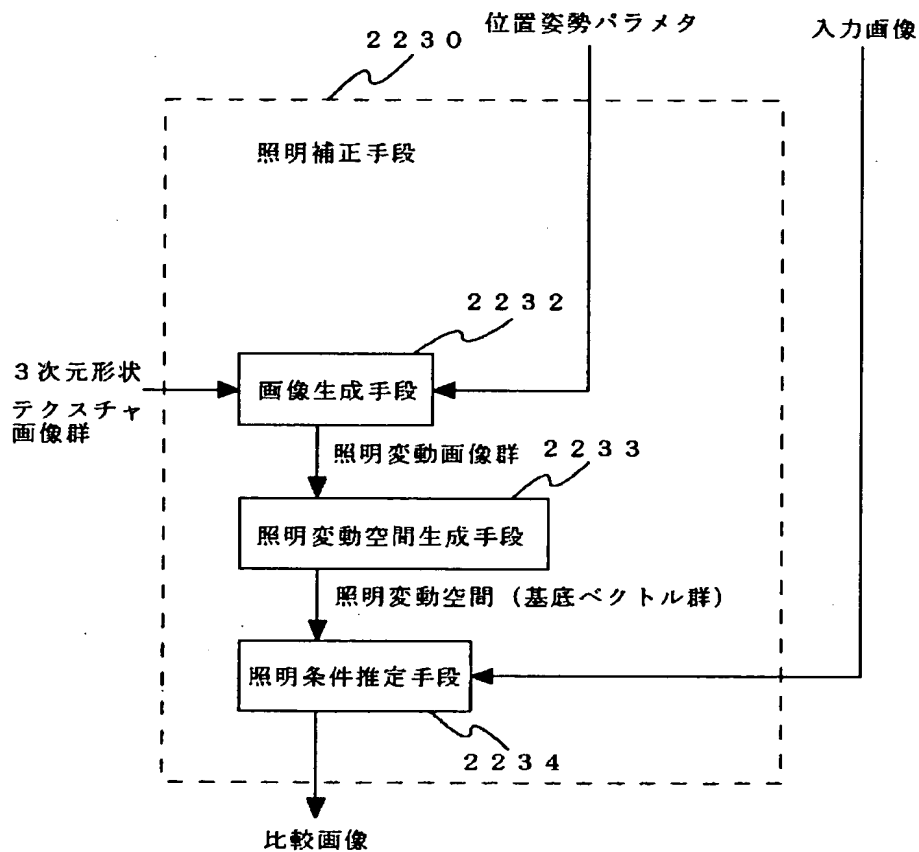
【図5】



【図 6】

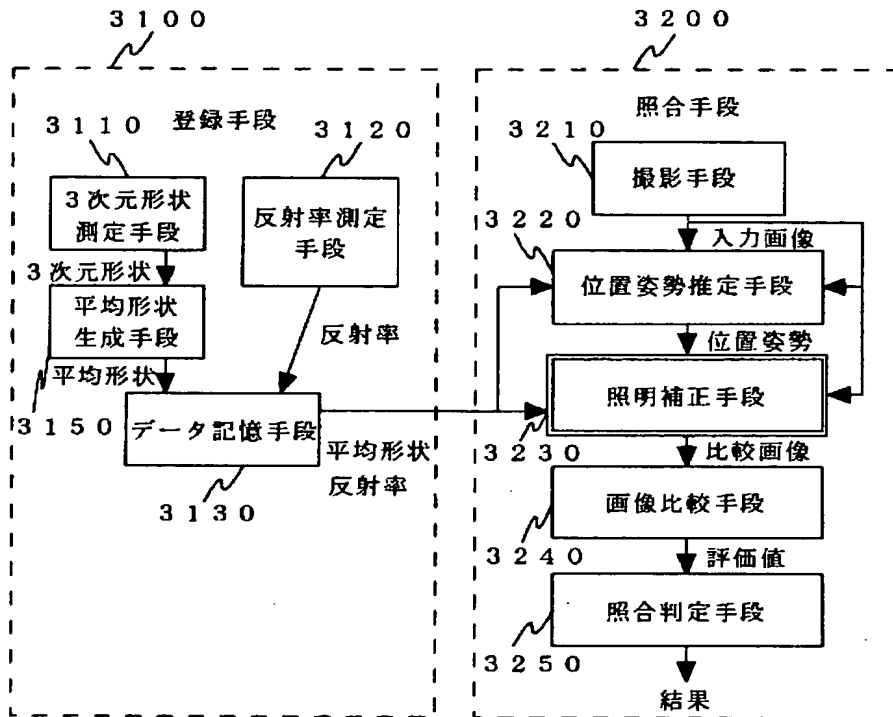


【図 7】

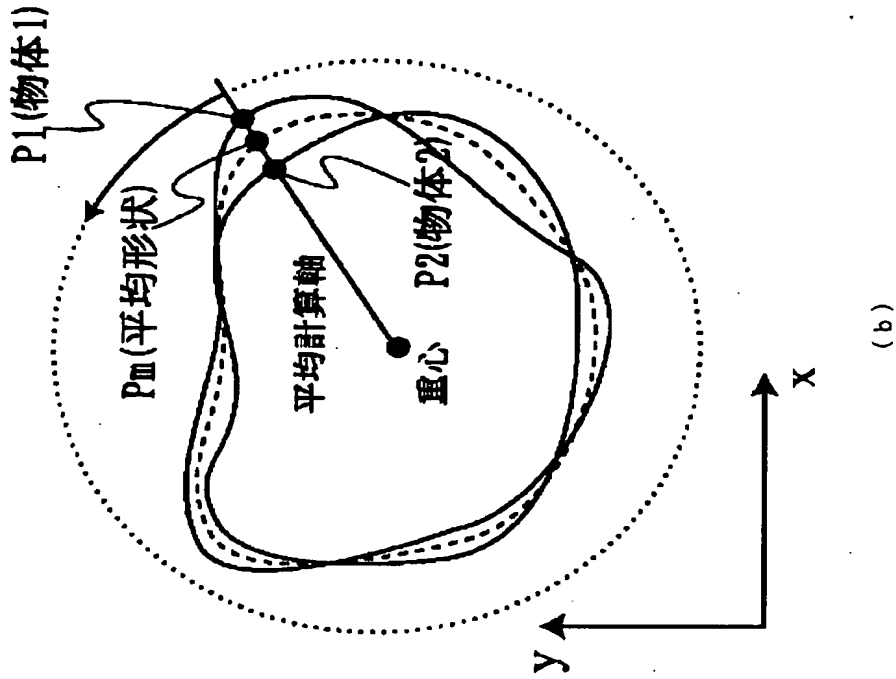




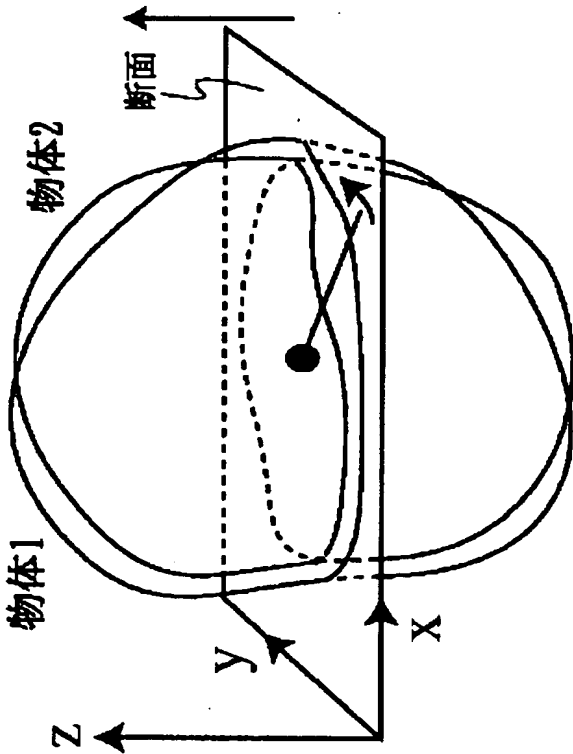
【図8】



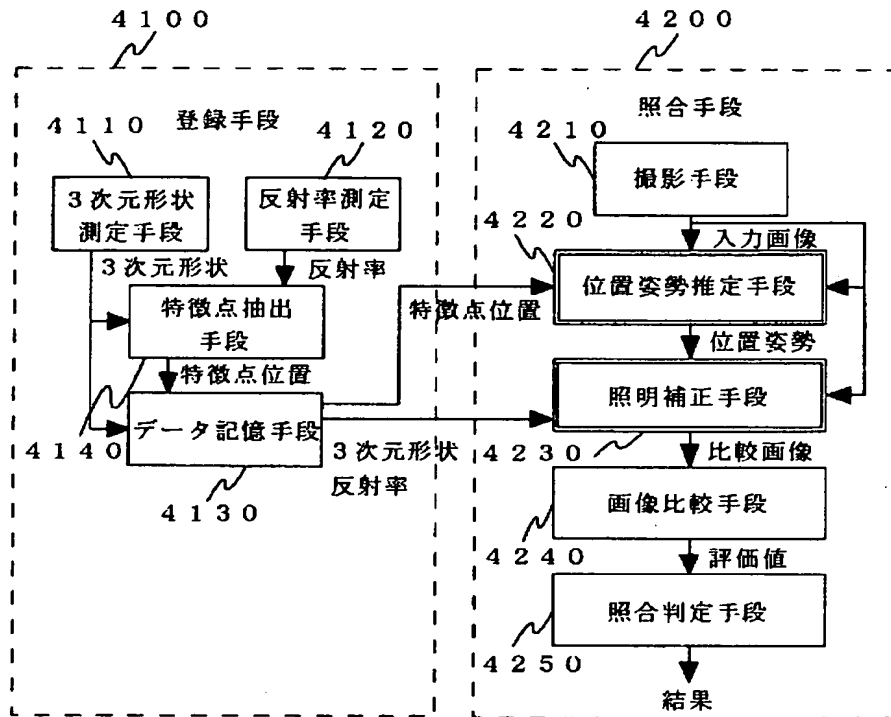
【図9】



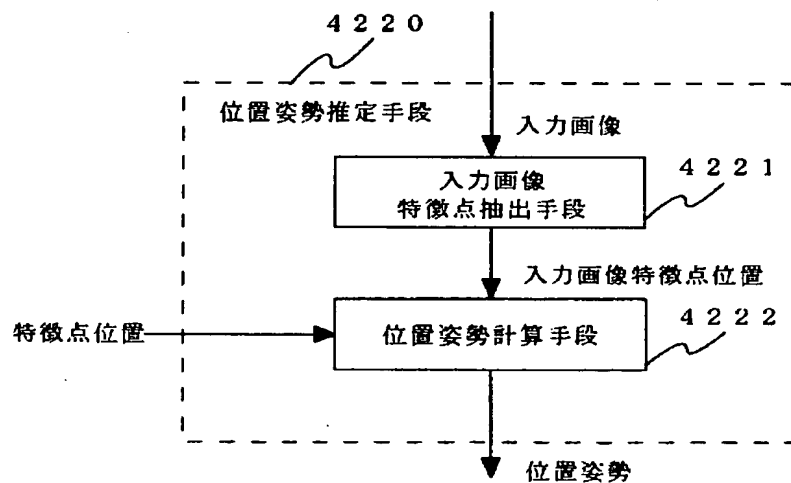
(a)



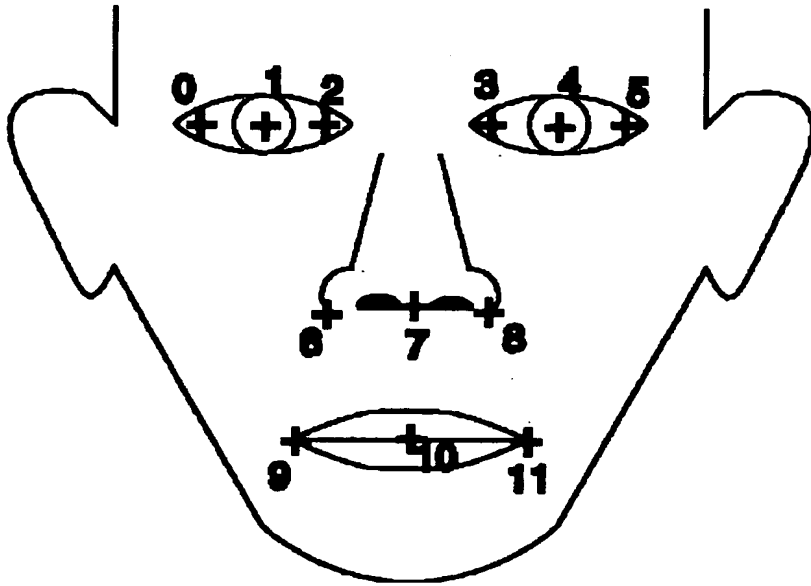
【図10】



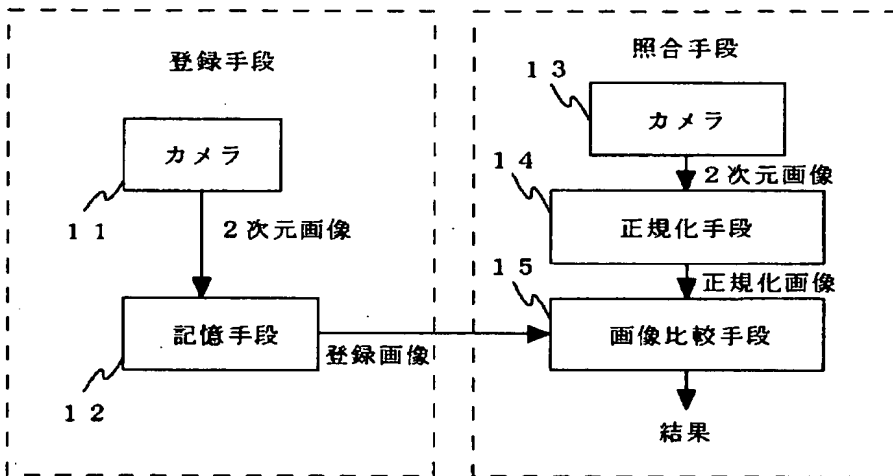
【図11】



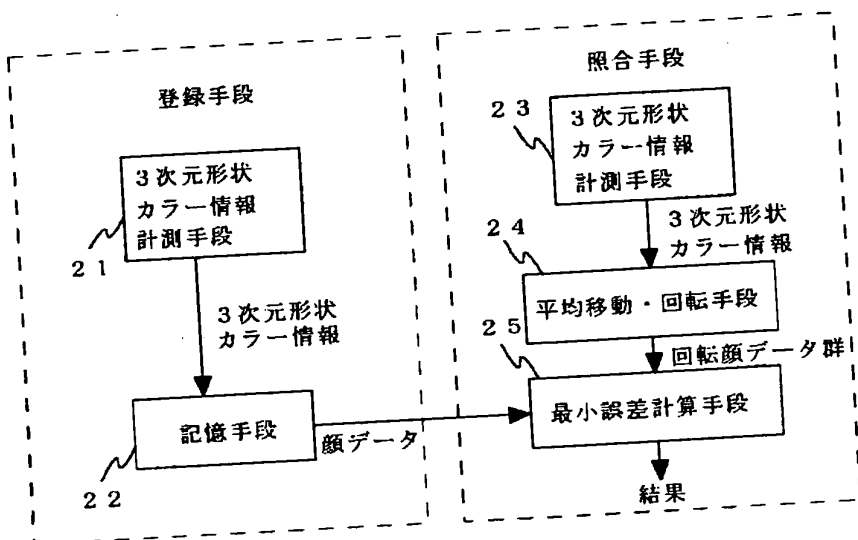
【図 1 2】



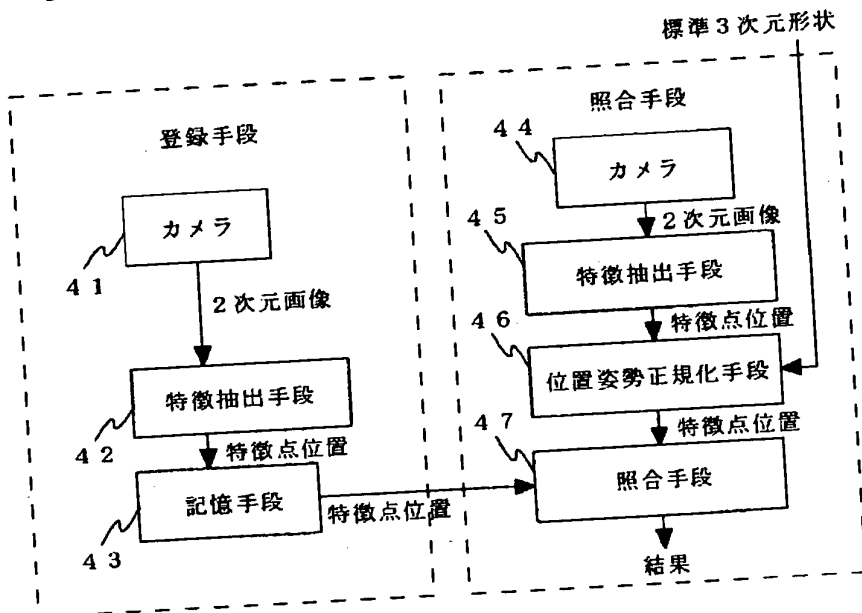
【図 1 3】



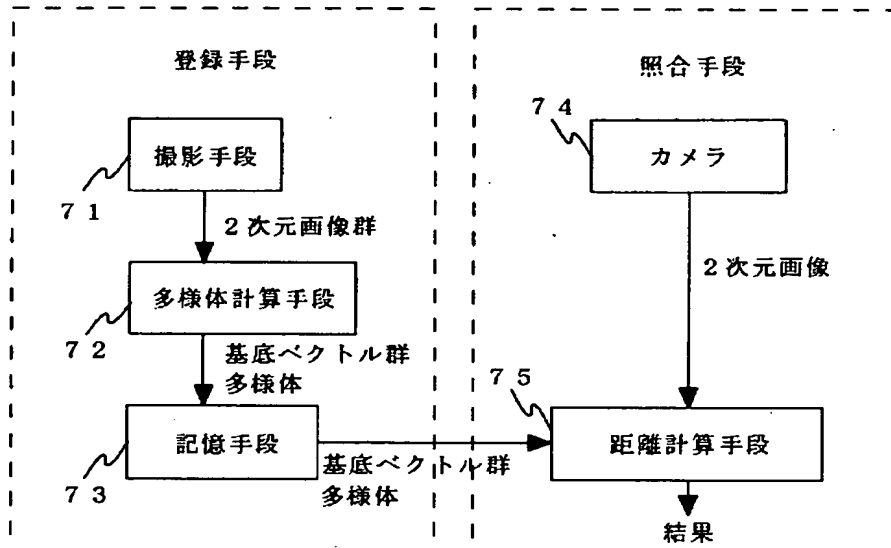
【図14】



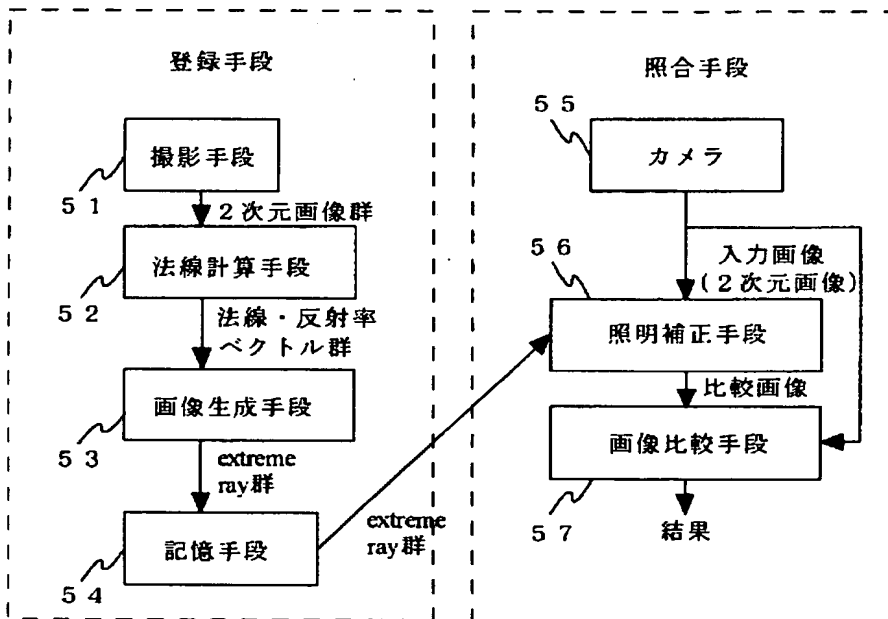
【図15】



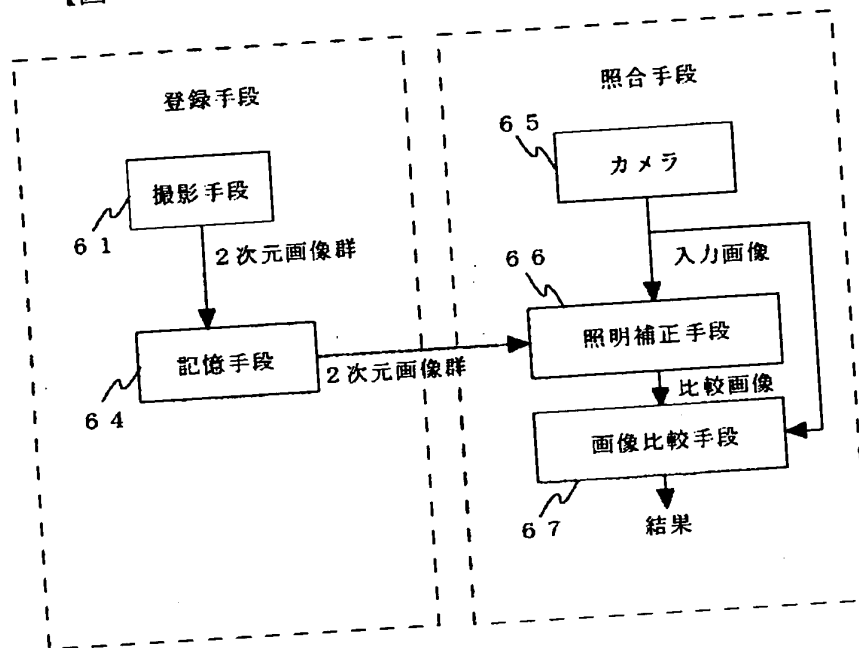
【図 16】



【図 17】



【図18】



【書類名】            要約書

【要約】

【課題】    照合時に 3 次元形状を測定する必要がなく、様々な位置姿勢や照明条件においてカメラなどにより撮影された物体の画像を用いて、登録されている物体であるかの確認、どの物体であるかの照合、似た物体の検索、などの処理を可能にする画像照合装置、画像照合方法、及びそのプログラムを記録した記録媒体を提供する。

【解決手段】    登録手段 1 0 0 は登録する物体の 3 次元形状と表面の反射率を測定し記憶する。照合手段 2 0 0 において、カメラ等の撮影手段 2 1 0 は、入力画像を撮影する。位置姿勢推定手段 2 2 0 は前記登録された 3 次元形状と反射率を用いて前記入力画像中の物体の位置姿勢を推定する。照明補正手段 2 3 0 は前記登録された 3 次元形状と反射率を用いて前記入力画像と同位置同姿勢、同一照明条件の下での画像を比較画像として生成する。画像比較手段 2 4 0 は前記比較画像と入力画像の類似度を計算する。照合判手段 2 5 0 は該類似度に基づき照合判定を行う。

【選択図】            図 1



出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004237]

1. 変更年月日 1990年 8月29日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都港区芝五丁目7番1号

氏 名 日本電気株式会社